



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## ZADNÍ RÁM LESNÍ VYVÁŽEČKY L520

REAR FRAME OF FORWARDER L520

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MARTIN KOUMAR

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PŘEMYSL POKORNÝ, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/2013

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Martin Koumar

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Automobilní a dopravní inženýrství (2301T038)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Zadní rám lesní vyvážedky L520**

v anglickém jazyce:

### **Rear frame of Forwarder L520**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proveďte pevnostní kontrolu zadního rámu lesní vyvážedky L520. Pomocí MKP stanovte stav napjatosti a deformace. Na základě těchto výsledků navrhnete případné úpravy stávající konstrukce s ohledem na hmotnost a bezpečnost.

Základní technické parametry:

Celková nosnost vyvážedky L520 ... 5000 kg

Cíle diplomové práce:

Vypracujte technickou zprávu obsahující zejména:

- pevnostní kontrolu stávajícího stavu,
- určení kritických uzlů konstrukce
- veškeré další nezbytné výpočty – zejména pevnostní - dle pokynů vedoucího DP.

Nakreslete:

- celkovou sestavu upravené konstrukce rámu
- svařovací podsestavy a výrobní výkresy dle pokynů vedoucího DP.

Seznam odborné literatury:

Neruda, J., a kol.:Harvestorové technologie lesní těžby, vyd. 1. Brno : Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, 2008, 149 s., ISBN: 978-80-7375-146-3 (brož.).

Janíček P., Ondráček E., Vrbka J.: Pružnost a pevnost, VUT Brno, 1992

Platné ČSN a firemní literatura

Vedoucí diplomové práce: Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 19.11.2012

L.S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá pevnostní analýzou zadního rámu lesní vyvážedky LVS 520 a návrhem úprav tohoto rámu. Hlavní částí této práce je pevnostní kontrola nosného rámu původní konstrukce pomocí metody konečných prvků. Dále návrh vhodných konstrukčních úprav a pevnostní analýza upravené konstrukce rámu. Tato diplomová práce byla vypracována ve spolupráci s firmou Strojírna Novotný s.r.o..

## **Klíčová slova**

Lesní vyvážedka Novotný LVS 520, pevnostní analýza, rám, metoda konečných prvků, vyvážení dříví

## **Abstract**

This master's thesis deals with strength analysis rear frame of forwarder LVS 520 and propose modifications of this frame. The main part of this work is strength analysis of the supporting frame of the original construction by the help of the finite elements method. Further the design of suitable structural modifications and strength analysis of the modified construction of frame. This master's thesis has been prepared with Strojírna Novotný s.r.o. company cooperation.

## **Keywords**

Forwarder Novotný LVS 520, strength analysis, frame, FEM (finite elements method), wood carrying

## **Bibliografická citace**

KOUMAR, M. *Zadní rám lesní vyvážedky L520*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 56 s.

Vedoucí diplomové práce Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D..

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího diplomové práce pana Ing. Přemysla Pokorného, Ph.D. a s použitím uvedené literatury

V Brně dne 24. května 2013

.....

Bc. Martin Koumar

## **Poděkování**

Za účinnou podporu a pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce tímto děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Přemyslu Pokornému, Ph.D. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Pavlu Klimešovi za odbornou pomoc. Zvláštní poděkování patří mým rodičům za podporu při studiu a dále všem, kteří my byli nápomocni při studiu na vysoké škole.

# Obsah

1	Úvod	9
1.1	Cíle práce	9
1.2	Popis lesní vyvážedky LVS 520	9
1.3	Základní technické parametry	11
2	Popis zadního rámu lesní vyvážedky	12
2.1	Přední nosník	12
2.2	Zadní polorám	13
2.3	Zadní díl	15
3	Rozbor sil působících na zadní rám	15
3.1	Zatáčení na rovině	16
3.2	Nakládání dřeva	17
3.3	Boční náklon	17
3.4	Čelní náklon	18
3.5	Zatížení kol křížem	18
4	Pevnostní výpočet	18
4.1	Poloha těžiště nákladu	18
4.2	Popis skořepinového modelu	19
4.3	Prvky použité na skořepinovém modelu	20
4.4	Náhrada vybraných částí zadního rámu	20
5	Pevnostní analýza původního rámu	24
5.1	Zatáčení na rovině	25
5.2	Nakládání dřeva	26
5.3	Boční náklon	30
5.4	Čelní náklon	31
5.5	Zatížení kol křížem	32
6	Rozbor výsledků	35
6.1	Seznam návrhů konstrukčních úprav	35
7	Pevnostní analýza upraveného rámu	41
7.1	Zatáčení na rovině	41
7.2	Nakládání dřeva	42
7.3	Boční náklon	47
7.4	Čelní náklon	49
7.5	Zatížení kol křížem	50
8	Závěr	53
9	Použité zdroje	54
10	Seznam použitých symbolů	55
11	Seznam samostatných příloh	56





# 1 Úvod

Soustředování dříví vyvážením je technologickou fází, která může sestávat ze dvou operací ( z vyklizování a vlastního vyvážení dříví) nebo jen z operace jediné (vyvážení), přičemž obě operace jsou zajištěny jediným mechanizačním prostředkem, tj. vyvážecí soupravou nebo vyvážěčkou (forwarderem). [1]

Lesní vyvážěčka (forwarder) je speciální kompaktní stroj určený pro nakládání, převoz a skládání dříví. Skládá se z motorové části a ložné části, které jsou vystavěny na dvou polorámech spojených středovým kloubem. Řízení stroje je zlamovací pomocí hydraulického systému, všechna kola stroje jsou vždy poháněna. Nakládání a skládání nákladu se u vyvážěček provádí hydraulickým jeřábem s drapákem. Nosnost vyvážěček bývá výrazně vyšší, než je u vyvážecích souprav (tvořeny dočasným spojením dvou jinak samostatných prostředků, traktoru a přívěsu). [1]

Vyvážecí stroje, tj. soupravy a vyvážěčky, označujeme jako sortimentní (též klanicové), neboť slouží pro transport rovnaných sortimentů nebo krátkých výřezů zpravidla do délky 6m, a jsou k tomuto účelu vybaveny klanicovou nástavbou, do které se dříví ukládá celou svojí délkou. Pro provoz na veřejných komunikacích musí mít poutací zařízení, zabráňující náhodnému vypadnutí některého výřezu. Při provozu v lese se náklad nepoutá. Za kabinou stroje je čelní mříž, zabráňující při brzdění sesunutí nákladu na kabinu řidiče. Klanice vyvážecích strojů jsou vyhnuty dovnitř ložného prostoru o úhel adekvátní max. příčnému sklonu stroje, aby nezpůsobovaly poškození krajních stromů linky při jízdě stroje v příčném směru náklonu. [1]

## 1.1 Cíle práce

Cílem diplomové práce je provedení pevnostní kontroly zadního rámu lesní vyvážěčky LVS 520. Pomocí MKP stanovit stav napjatosti a deformace. Na základě těchto výsledků navrhnout případné úpravy stávající konstrukce s ohledem na hmotnost a bezpečnost.

## 1.2 Popis lesní vyvážěčky LVS 520

Lesní vyvážecí souprava LVS 520 je určena k vyvážení 2 až 5 metrových sortimentů zejména z probírek a nahodilých těžeb. Nosnost vyvážecí soupravy je 5 tun. Objem ložné plochy je 5 m<sup>3</sup>. Model LVS 520 je inovovaný nástupce oblíbené vyvážecí soupravy LVS 5000. Pro pohon vyvážecí soupravy je použitý motor Cummins o výkonu 60 kW, přenos hnací síly je zajištěn pomocí pojezdového čerpadla a hydromotorů, které pohánějí mechanické diferenciály. Diferenciály jsou vybaveny mechanickou uzávěrkou. Vyvážecí souprava je standardně vybavena pneumatikami o šířce 500 mm, což výrazně snižuje měrný tlak na půdu a zvyšuje trakční sílu. [2]

Hydraulická ruka Cranab FC 45 s teleskopickým výsuvem o délce 6,1 m s nosností 1130 kg ve 3 metrech a s regulací rychlosti jednotlivých funkcí umožňuje efektivní nakládku sortimentů na ložnou plochu LVS 520. [2]



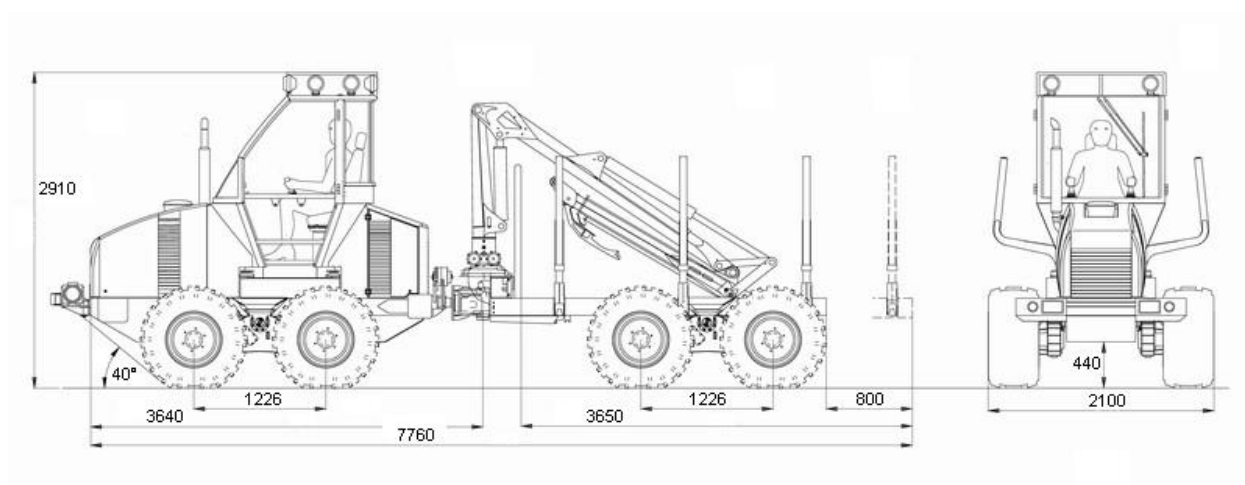
*Obr. 1: Lesní vyvážeečka Novotný LVS 520 [2]*

Pro větší komfort obsluhy je vyvážecí souprava vybavena otočnou, bezpečnou a klimatizovanou kabinou. Kabina je vybavena vzduchem odpruženou, vyhřívanou sedačkou Grammer s komfortními opěrkami a joysticky Caldaro. Veškeré funkce stroje jsou elektronicky řízeny speciálně vyvinutým softwarem SCAD. Systém umožňuje individuální nastavení až pro 8 operátorů, nastavování probíhá pomocí barevného dotykového displeje. Klimatizace a rádio s MP3 přehrávačem jsou již v základní výbavě. Kabina splňuje standardy ISO ROPS, OPS a FOPS. [2]

## 1.3 Základní technické parametry

Tab.1: Základní technické parametry lesní vyvážedky LVS 520

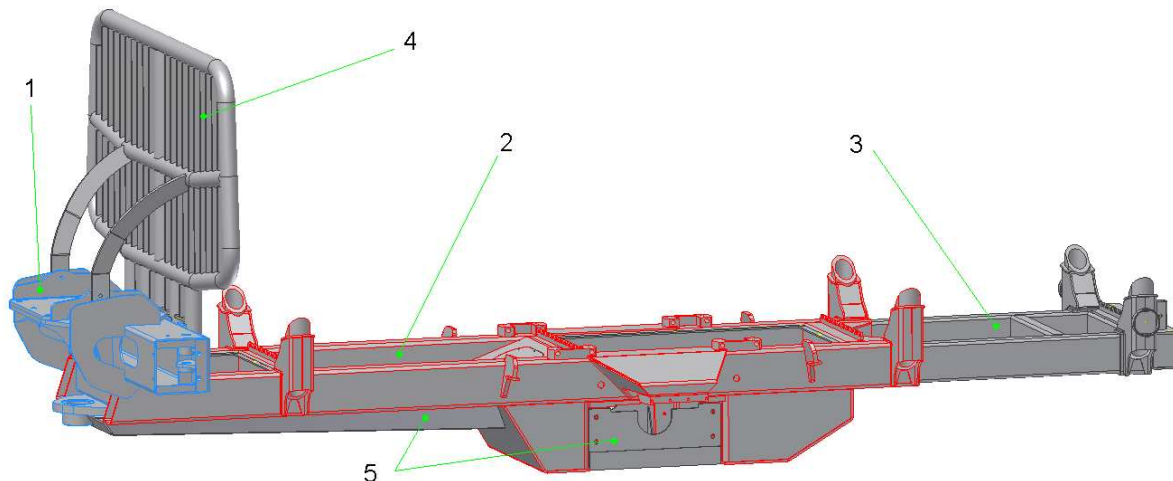
Vyvážecí souprava LVS 520 - základní technické parametry	
<b>Motor</b>	Cummins B 3.3
max. výkon	60kW/2200 ot. / min
<b>Rozměry stroje</b>	
šířka	2100 mm
výška	2910 mm
délka	6960 mm
délka nákladního prostoru	až 4470 mm
plocha čela nákladního prostoru	1,8 m <sup>2</sup>
<b>Nosnost</b>	5000 kg
<b>Podvozek</b>	
kolový s výkyvnými boggie nápravami 8x8	
<b>Pneumatiky</b>	Alliance 331 Forest
rozměr	500/50-20
<b>Hydraulika - SAUER - DANFOSS</b>	
pojezd hydrostatický s mechanickými diferenciály	max. rychlost 22 km/h
pracovní tlak	19 MPa
pracovní tlak pojezdu	40 MPa
<b>Hydraulický výložník Cranab FC45</b>	
dosah hydraulické ruky max./max. zatížení	6,1 m / 570 kg
<b>Drapák Cranab CR200</b>	



Obr. 2: Rozměry stroje, rozměry v mm [2]

## 2 Popis zadního rámu lesní vyvážedky

Zadní rám se skládá z několika hlavních dílů, které ho tvoří. Jsou to zejména přední nosník (1), zadní polorám (2) a zadní díl (3). Dalšími prvky jsou opěrná mříž (4) a spodní a boční kryty (5).

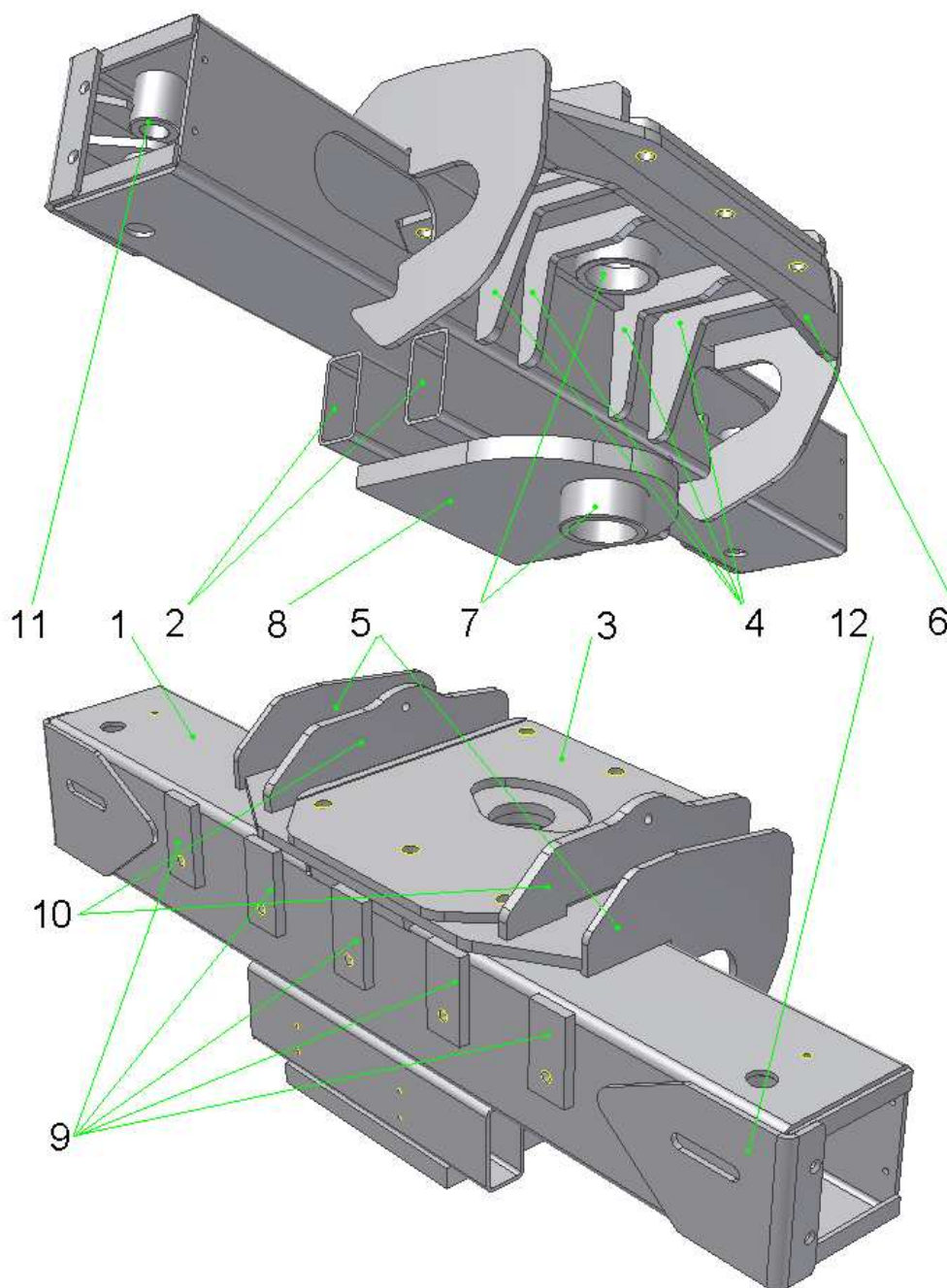


Obr. 3: Náhled hlavních dílů zadního rámu

### 2.1 Přední nosník

Nosným prvkem předního nosníku je jákl, přední profil (1), o rozměru 200x200x6,3 mm. Ten je svařen se zadním polorámem a pro zvýšení celkové tuhosti se pod předním profilem nachází dva příčné profily (2), jákly o rozměru 120x60x5 mm. Uprostřed předního profilu jsou tři plechy (3) o tloušťkách 15 mm, 15 mm a 13 mm. Na vrchní plech je poté přišroubován hydraulický výložník. Celá tato konstrukce je poté vyztužena pomocí čtyř spodních žeber (4) o tloušťkách 15 mm, dvou bočních výztuh (5) o tloušťkách 10 mm a příčné výztuhy (6) tloušťky 15 mm. Celé je to takto zpevněno z důvodu umístění hydraulického výložníku, uložení čepu řízení (7), trubka rozměru 110x12,5 mm a opěrné mříže. Uložení čepu řízení je také v hlavní desce rámu (8), tloušťka 30 mm. Mříž se upevňuje pomocí šroubů M16 na pěti místech předního profilu, která jsou vyztužena plechy (9), a také do horních výztuh desek (10). Na obou krajích předního profilu jsou potom místa uložení čepů přímočarých hydromotorů řízení (11). Ta se skládají na každé straně z dvou trubek o rozměru 60x12,5 mm pro uložení čepu a z výztuh z plechů o tloušťkách 10 a 12 mm. Celé toto místo je poté zpevněno výztuhou čepu přímočarých hydromotorů (12), ohýbaný plech tloušťky 8 mm. V předním profilu a také v bočních výztuhách jsou otvory pro přímočaré hydromotory řízení.



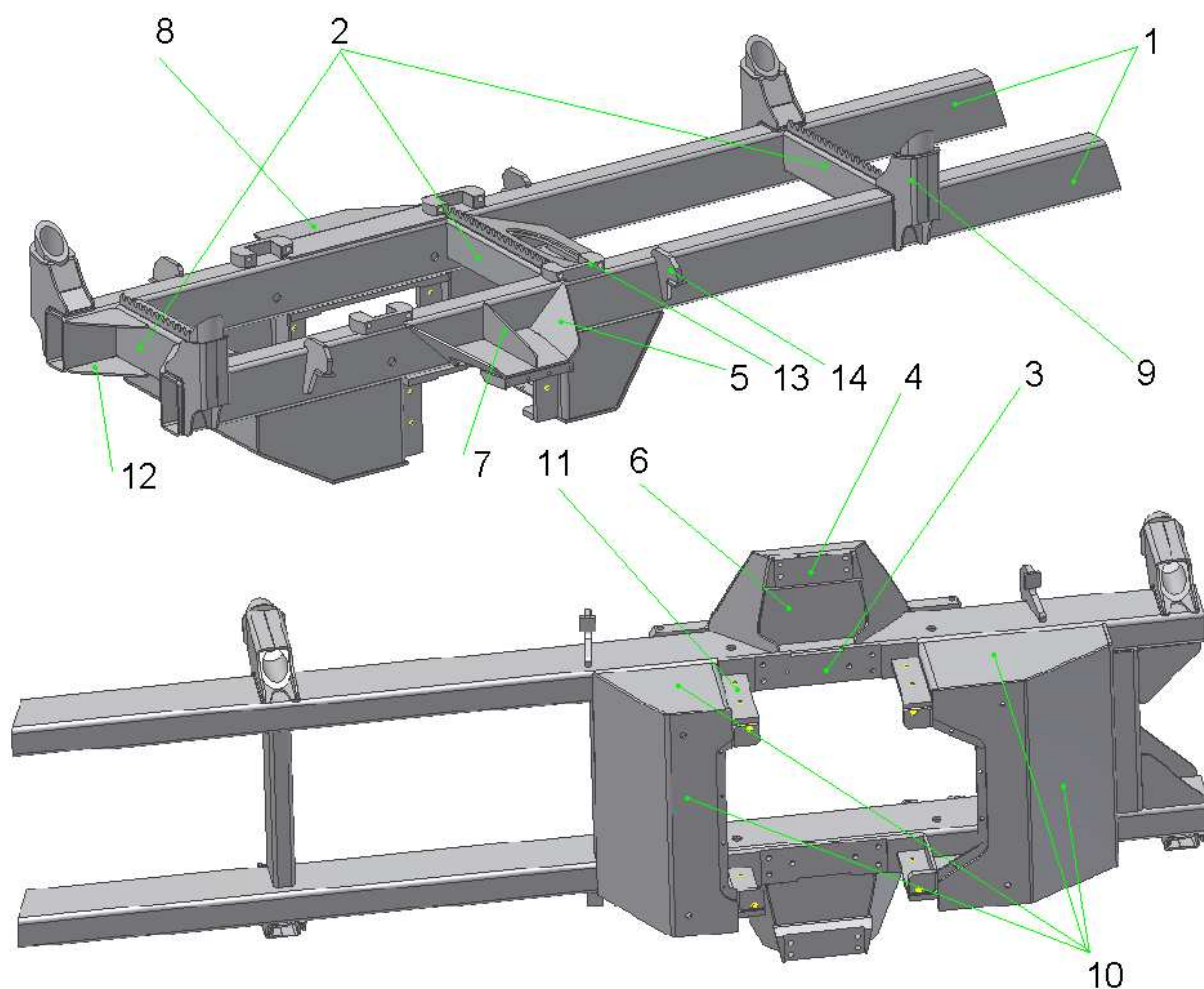


*Obr. 4: Přední nosník*

## 2.2 Zadní polorám

Zadní polorám je hlavním nosným prvkem celé konstrukce. Skládá se ze dvou podélných jáklů (1) o rozměru 160x90x6,3 mm. Ty jsou spojeny pomocí tří příčných jáklů (2), jednom o stejném rozměru, další dva o rozměru 120x60x5 mm. Na tento základní rám jsou připojeny ostatní nezbytné prvky. Boggie náprava je přišroubována pomocí 10 šroubů M16 a 4 šroubů M10 na každé straně do držáku polonápravy (3) a desky držáku (4). Deska držáku je k jáklu přivařena pomocí plechů tloušťky 6 mm. Jedná se o bočnice držáku (5), spodní plech držáku

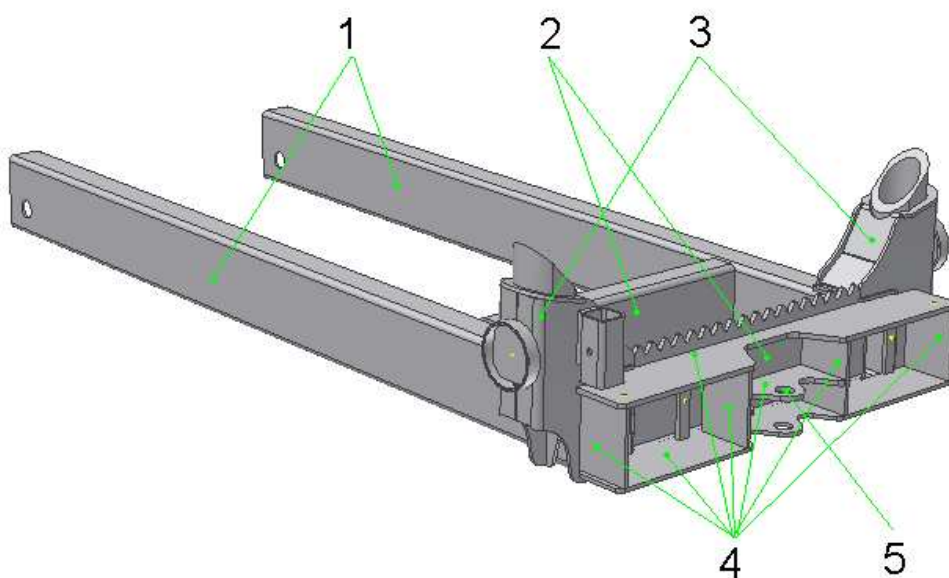
(6), žebro držáku (7) a horní plech držáku (8). Dalším důležitým svařencem na zadním polorámu jsou držáky klanic (9), do kterých se zasouvají klanice. Držáky klanic jsou svařeny z plechů tloušťky 6 mm a trubek o rozměru 90x14 mm. Celý rám je zpevněn pomocí plechů (10) tloušťky 8 mm a stojen (11) tloušťky 15mm, které plní jednak tuto funkci a také slouží jako ochrana hydraulických rozvodů, hydromotorů pohánějících kola a dalších nezbytných komponent. Na tyto plechy jsou přišroubovány kryty zmíněné v kapitole 2 pod číslem (5). U místa přivaření zadních držáků klanic se nachází čtyři žebra zadních klanic (12) o tloušťce 6 mm, které slouží ke zvýšení tuhosti. Na zadním polorámu se dále nachází dorazy buginy (14), sloužící jako doraz pro boggie nápravy při jízdě v terénu, aby nedošlo ke kontaktu některého z kol s dřívím. Při potřebě změnit vzdálenost mezi klanicemi jsou na rám přivařeny podkovy uchycení (13), na které se mohou uchytit pomocné držáky klanic.



*Obr. 5: Zadní polorám*

## 2.3 Zadní díl

Zadní díl není spojen pevně s předchozími díly. Nosné profily (1), jákl o rozměrech 120x60x5 mm, se zasouvají do jáklů zadního polorámu. Proti vysunutí je zadní díl pojištěn pomocí dvou čepů. Toto uložení zadního dílu je použito z důvodu možného délkového přizpůsobení nákladového prostoru vzhledem k délkám vyváženého dříví. Nosné profily spojují dva příčné jákly (2) o rozměrech 120x60x5 mm. Na koncích nosných profilů jsou držáky klanic (3), stejné jako na zadním polorámu. V zadní části se nachází plechy (4) o tloušťkách 6 a 8 mm, které slouží jako kryt koncových sdružených světél a jako výztuha zadního tažného oka (5). To se používá při nakládání ve velkém svahu, kdy se lesní vyvážedka zavěsí za lano a spouští se kolmo na vrstevnice, aby nedošlo k překlopení na stranu, dolů ze svahu.



Obr. 6: Zadní díl

## 3 Rozbor sil působících na zadní rám

Pokud chceme, aby pevnostní analýza odpovídala co nejvíce skutečnosti, je důležité správně stanovit rozbor sil působících na zadní rám. V tomto případě se jedná o stavy, kdy je zadní rám plně zatížen, tedy když náklad zaujímá celý nákladový prostor a jeho hmotnost je rovna maximální nosnosti.

Vyšetřované zatěžovací stavy jsou:

- a) zatáčení na rovině,
- b) nakládání dřeva,
- c) boční náklon,
- d) čelní náklon,
- e) zatížení kol křížem.



### 3.1 Zatáčení na rovině

Při tomto stavu je lesní vyvážka plně naložena a působí na ni gravitační zrychlení o velikosti  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ . Dále na zadní rám působí síly od přímočarých hydromotorů řízení.

Síla při vysouvání pístu:

$$F_1 = p \cdot S_p = 19 \cdot 3117,2 = 59227,7 \text{ N} \quad [\text{N}] \quad (1)$$

kde:

$p = 19 \text{ MPa}$  pracovní tlak přímočarého hydromotoru řízení [2]

$S_p$  plocha pístu přímočarého hydromotoru řízení

$$S_p = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} = \frac{\pi \cdot 63^2}{4} = 3117,2 \text{ mm}^2 \quad [\text{mm}^2] \quad (2)$$

$d_p = 63 \text{ mm}$  průměr pístu přímočarého hydromotoru řízení

Síla při zasouvání pístu:

$$F_2 = p \cdot (S_p - S_{pT}) = 19 \cdot (3117,2 - 1256,6) = 35351,6 \text{ N} \quad [\text{N}] \quad (3)$$

kde:

$p = 19 \text{ MPa}$  pracovní tlak přímočarého hydromotoru řízení [2]

$S_p$  plocha pístu přímočarého hydromotoru řízení

$S_{pT}$  plocha pístní tyče přímočarého hydromotoru řízení

$$S_{pT} = \frac{\pi \cdot d_{pT}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 40^2}{4} = 1256,6 \text{ mm}^2 \quad [\text{mm}^2] \quad (4)$$

$d_{pT} = 40 \text{ mm}$  průměr pístní tyče přímočarého hydromotoru řízení

Na zadní rám také působí tíha od hydraulického výložníku a drapáku. To je zohledněno pomocí síly  $F_{VD}$ .

$$F_{VD} = g \cdot (m_v + m_D) = 9,81 \cdot (650 + 115) = 7504,7 \text{ N} \quad [\text{N}] \quad (5)$$

kde:

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  gravitační zrychlení

$m_v = 650 \text{ kg}$  hmotnost hydraulického výložníku [3]

$m_D = 115 \text{ kg}$  hmotnost drapáku [3]

### 3.2 Nakládání dřeva

Při nakládání dřeva je lesní vyvážedka, stejně jako v předchozím případě, plně naložena, na rovině a působí na ni gravitační zrychlení  $g = 9,81\text{m/s}^2$ . Rozdíl je v poloze hydraulického výložníku a jeho působení na zadní rám. Hydraulický výložník je vysunut na maximální dosah, tj. 6,1m, při tomto vysunutí má nosnost 570kg [3].

Výpočet momentu nahrazujícího zatížení zadního rámu při nakládání:

moment od hydraulického výložníku

$$M_V = g \cdot m_V \cdot l_V = 9,81 \cdot 650 \cdot 1,2 = 7651,8\text{Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (6)$$

kde:

$g = 9,81\text{m/s}^2$  gravitační zrychlení

$m_V = 650\text{kg}$  hmotnost hydraulického výložníku [3]

$l_V = 1,2\text{m}$  vzdálenost těžiště hydraulického výložníku od středu montážní patky hydraulického výložníku [3]

moment od drapáku

$$M_{DR} = g \cdot m_D \cdot l_D = 9,81 \cdot 115 \cdot 6,1 = 6881,7\text{Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (7)$$

kde:

$g = 9,81\text{m/s}^2$  gravitační zrychlení

$m_D = 115\text{kg}$  hmotnost drapáku [3]

$l_D = 6,1\text{m}$  vzdálenost těžiště drapáku od středu montážní patky hydraulického výložníku

moment od nakládaného dřeva

$$M_{DV} = g \cdot m_{DV} \cdot l_{DV} = 9,81 \cdot 455 \cdot 6,1 = 27227,7\text{Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (8)$$

kde:

$g = 9,81\text{m/s}^2$  gravitační zrychlení

$m_{DV}$  hmotnost nakládaného dřeva

$$m_{DV} = n_{\max} - m_D = 570 - 115 = 455\text{kg} \quad [\text{kg}] \quad (9)$$

$n_{\max} = 570\text{kg}$  nosnost hydraulického výložníku při max. vysunutí [3]

$m_D = 115\text{kg}$  hmotnost drapáku [3]

$l_{DV} = 6,1\text{m}$  vzdálenost těžiště nakládaného dřeva od středu montážní patky hydraulického výložníku

celkový moment

$$M_C = M_V + M_{DR} + M_{DV} = 7651,8 + 6881,7 + 27227,7 = 41761,2\text{Nm} \quad [\text{Nm}] \quad (10)$$

### 3.3 Boční náklon

V tomto případě na zadní rám působí hmotnost nákladu, hydraulického výložníku, drapáku a gravitační zrychlení. Stroj však nestojí na rovině, ale je ve svahu jehož úhel je  $35^\circ$ .

### 3.4 Čelní náklon

Při čelním náklonu lesní vyvážedka stojí ve svahu o úhlu  $45^\circ$  kolmo na vrstevnici. Je však zároveň pojištěna lanem připojeným do tažného oka (kap. 2.3). Působí na ni gravitační zrychlení a je plně naložena. Na rám působí také tíha hydraulického výložníku spolu s drapákem.

### 3.5 Zatížení kol křížem

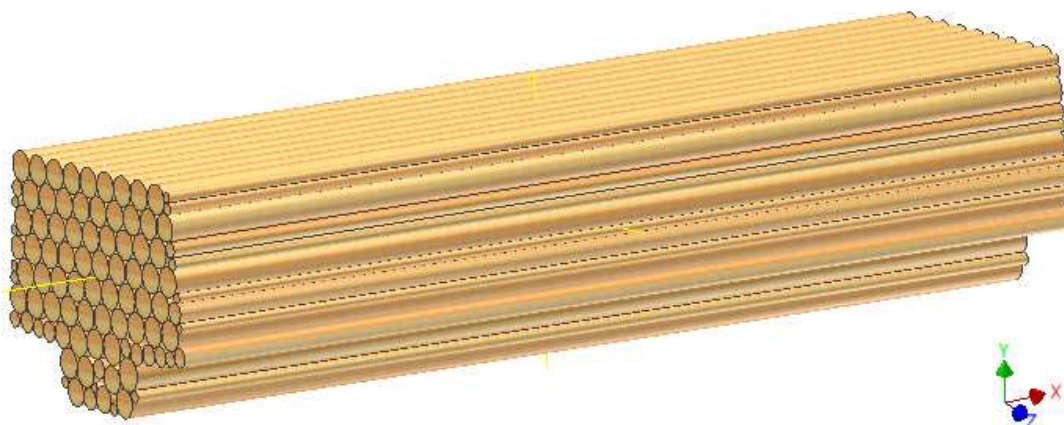
Poloha, při které zůstane stroj stát pouze na dvou zadních např. levých kolech a dvou předních např. pravých kolech. Lesní vyvážedka stojí na rovině, je plně naložena a působí na ni gravitační zrychlení. Také v tomto případě je zohledněna tíha hydraulického výložníku a drapáku.

## 4 Pevnostní výpočet

Pevnostní kontrola zadního rámu lesní vyvážedky byla provedena v programu I-DEAS lineární metodou konečných prvků (MKP). Pro kontrolu byl zvolen skořepinový model. Výhodou tohoto modelu je menší výpočtový čas v porovnání s modelem objemovým při zachování dostatečné přesnosti výsledků.

### 4.1 Poloha těžiště nákladu

Pro správnost výpočtového modelu je důležité zvolit vhodné zatížení, tak aby co nejvíce odpovídalo reálným zatěžovacím stavům. Proto je v programu Autodesk Inventor vymodelován nákladový prostor a zjištěna poloha těžiště nákladu a jeho momenty setrvačnosti.



*Obr.7: Model nákladového prostoru*

Hodnoty momentů setrvačnosti:

$$I_{xx} = 10890,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_{yy} = 11230,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_{zz} = 1288,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Poloha těžiště:

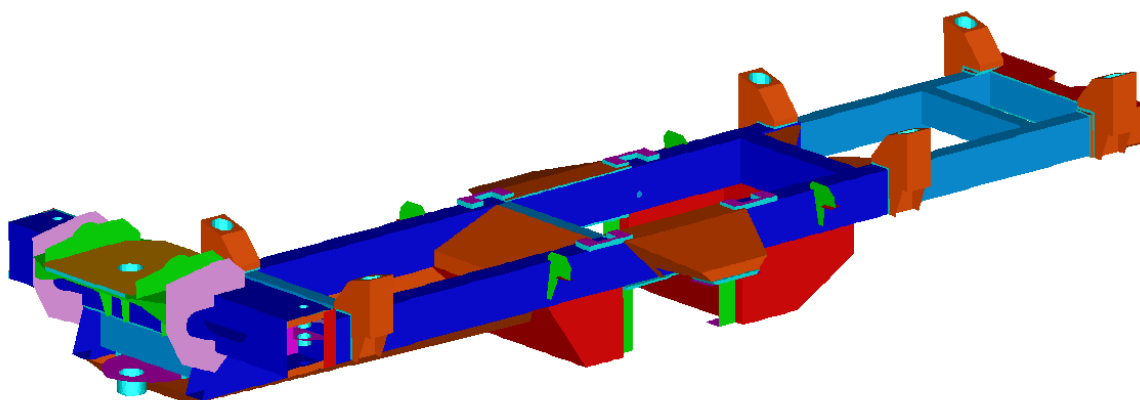
$$X = 2500 \text{ mm}$$

$$Y = 655,13 \text{ mm}$$

$$Z = 783 \text{ mm}$$

## 4.2 Popis skořepinového modelu

Pro pevnostní výpočet byl vytvořen skořepinový model. Při tvorbě modelu tímto způsobem se modelují pouze střednice jednotlivých plechů a jablek. Zaoblení a sražení hran, která nemají podstatný vliv na velikost výsledného napětí, byla zanedbána z důvodu obtížnosti tvorby modelu. Potřebné vytvořené plochy byly pokryty konečno-prvkovou sítí, převážně mapovanou, u některých ploch bylo použito volné síťování. Sítí se poté přiřazují jednotlivé tloušťky a vlastnosti materiálů.



Obr.8: Skořepinový model zadního rámu lesní vyvážedky LVS 520

Tab.2: Tloušťky materiálů a jejich barva na skořepinovém modelu

Tloušťka materiálu [mm]	Barva v programu I-DEAS
jákl 6,3	Blue
jákl 5	Light blue
plech 6	Orange
plech 8	Red
plech 15	Green
plech 13	Golden orange
plech 10	Pink
plech 12, 14, 16, 20, 25, 30, 35	Magenta
trubka ø12,5	Cyan
svar 4, 10	Cyan

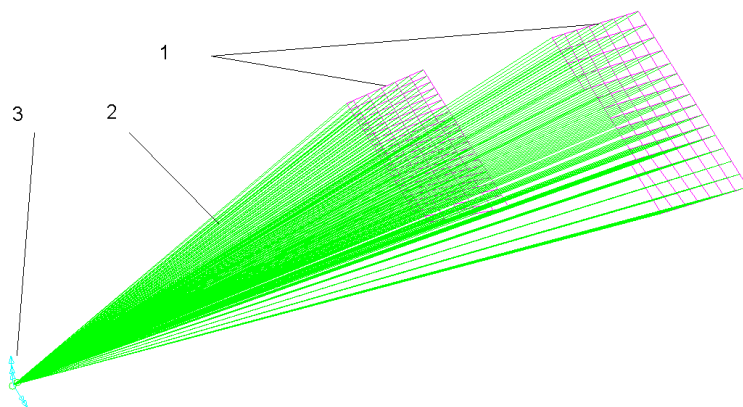
### 4.3 Prvky použité na skořepinovém modelu

<b>Thin shell</b>	Čtyřuzlový základní prvek nahrazující materiál tenkostěnného profilu na skořepinovém modelu. Každému tomuto prvku je přiřazena tloušťka materiálu a vlastnosti materiálu, který má nahradit.
<b>Constraint</b>	Nehmotný prvek konečné tuhosti. Používá se pro rozložení sil mezi jednotlivé uzly. Na tomto modelu použit u rozložení sil a momentu od hydraulického výložníku, u rozložení váhy nákladu, u náhrad klanic, čepů a nápravy.
<b>Rigid</b>	Dokonale tuhý prvek s nulovou hmotností. Může spojit podobně jako constraint dva nebo i více uzlů. Použit u náhrad čepů.
<b>Lumped Mass</b>	Prvek nahrazující hmotnost. Zadává se u něj jeho hmotnost a hmotnostní momenty setrvačnosti. Použit u nahrazení nákladu.
<b>Beam</b>	Lineární prvek představující prut o určitém průřezu. V tomto případě byl použit u náhrad klanic.

### 4.4 Náhrada vybraných částí zadního rámu

#### Náhrada nápravy

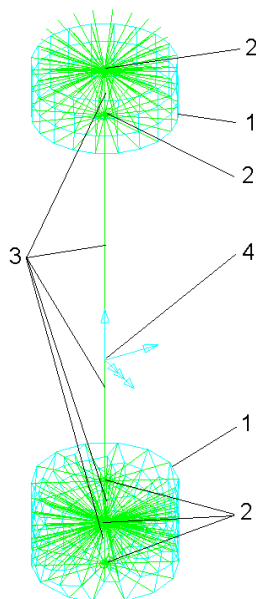
U náhrady nápravy je využit prvek constraint (2). Ten spojuje uzel, do kterého se umísťují vazby (3) podle typu zátěžného stavu, a části rámu (1), kam je náprava přišroubována. Uzel, do kterého se umísťují vazby se nachází ve středu mezi koly boggie nápravy ve výšce os kol. Levá i pravá strana je provedena samostatně, obě stejně. Ve všech zátěžných stavech je do uzlu na levé straně umístěna vazba umožňující pohyb v podélném směru (osa x) a rotace okolo osy ve směru příčném (osa z). Na pravé straně je poté ve všech zátěžných stavech umístěna vazba umožňující pohyb v podélném směru (osa x), ve směru příčném (osa z) a rotace okolo této osy (osa z). Pouze v zátěžném stavu zatížení kol křížem není na pravé straně žádná vazba.



*Obr.9: Náhrada nápravy (zobrazena jedna strana),  
1 – dosedací plochy nápravy na zadním rámu, 2 – constraint, 3 – vazba*

### Náhrada středového kloubu

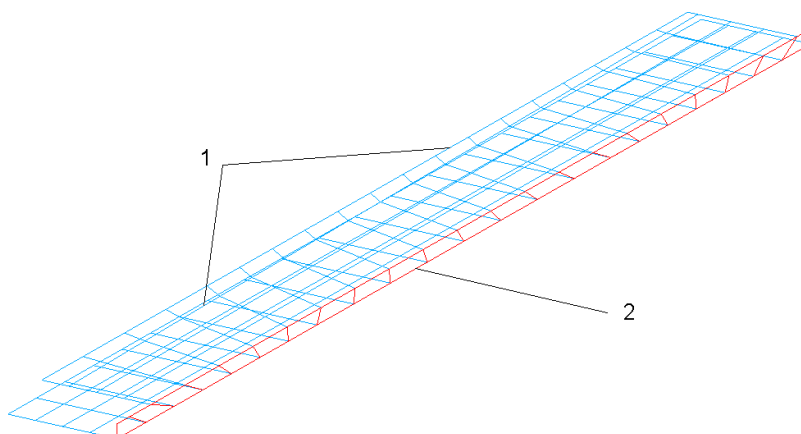
Středový kloub nahrazují prvky constraint a rigid. Čep středového kloubu je nahrazen prvky rigid (3). V místě průsečíku svislé a podélné osy rotace je poté umístěn uzel, do kterého se umísťují vazby (4) podle typu zátěžného stavu. Ve všech zátěžných stavech je zde umístěna vazba umožňující rotace kolem osy v podélném směru (osa x) a rotace kolem osy svislé (osa y). Pouze v zátěžném stavu čelní náklon se vazba liší, vazba umožňuje také translaci v podélném směru (osa x). Uchycení prvků rigid je poté provedeno prvky constraint (2) do míst uložení svislého čepu (1).



*Obr.10: Náhrada středového kloubu,  
1 – uložení čepu, 2 – constraint, 3 – rigid, 4 - vazba*

### Náhrada svarového spoje

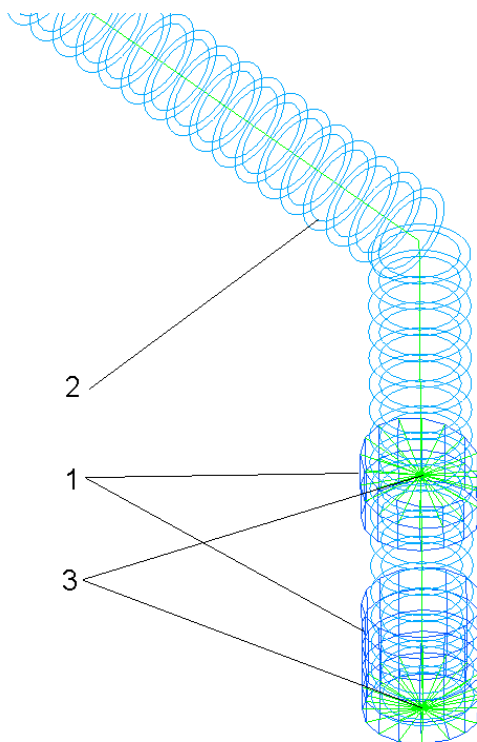
Náhrada je provedena v těch místech, kde jsou dvě rovnoběžné plochy (1), které jsou ve skutečnosti také spojeny svarem. Svár je nahrazen plochou (2) kolmou k těmto dvěma. Na ní je vytvořena poté síť o tloušťce, která odpovídá tloušťce sváru.



*Obr. 11: Náhrada svaru,  
1 – rovnoběžné plochy, 2 - svar*

### Náhrada klanic

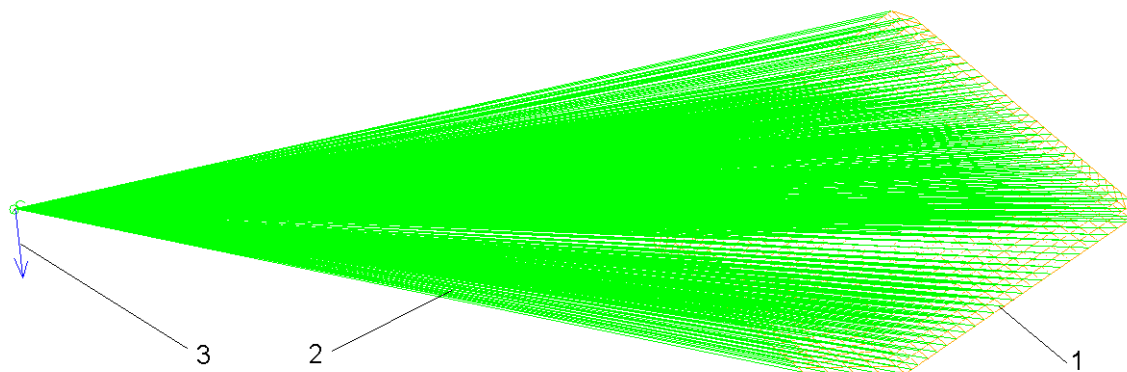
Pevnostní analýza klanic není požadována, a proto se klanice pouze nahradí. Jsou nahrazeny pomocí prvku beam (2) o průřezu shodném s průřezem klanic, tj. trubka  $\varnothing 63.5 \times 6.3$  mm. K samotnému rámu (1) jsou poté připojeny pomocí prvků constraint (3).



Obr. 12: Náhrada klanice,  
1 – místa uložení klanic na zadním rámu, 2 – beam, 3 - constraint

### Náhrada hydraulického výložníku

Do místa dosedací plochy (1) hydraulického výložníku na zadním rámu je umístěn constraint (2), který spojuje toto místo s bodem, do kterého je umístěna síla (3). Tato síla nahrazuje hmotnost hydraulického výložníku a drapáku.



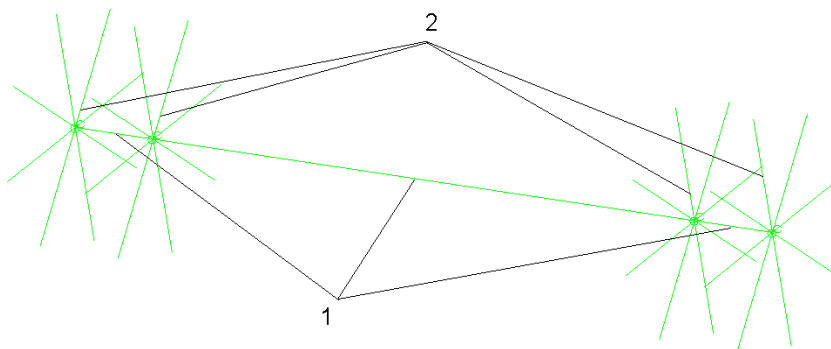
Obr. 13: Náhrada hydraulického výložníku,  
1 – dosedací plocha montážní patky hyd. výložníku, 2 – constraint, 3 – síla

### Náhrada nákladu

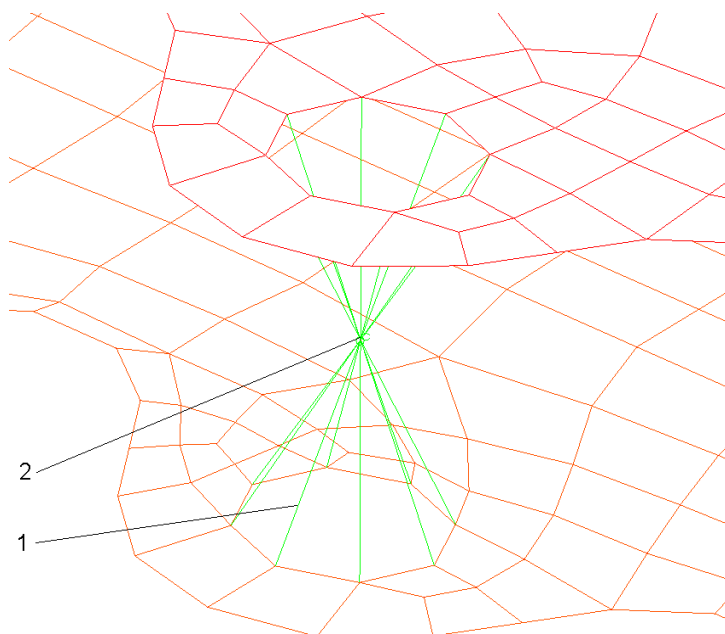
Náklad je nahrazen pomocí prvku lumped mass. Je zadána hmotnost 5000kg a jednotlivé hmotnostní momenty setrvačnosti. Přenesení zatížení od tohoto prvku na samotný rám přenáší prvek constraint, který je spojen s uzlem, v kterém se nachází lumped mass, a s jednotlivými náhradami klanic a uzly na rámu, kde se náklad dotýká rámu.

### Náhrada čepů

Na modelu jsou nahrazeny čepy zajišťující polohu zadního dílu zasunutého do zadního polorámu (obr.14) a čep v zadním tažném oku (obr. 15). Čepy na obr.14 jsou nahrazeny pomocí prvků rigid (1) a constraint (2). Čep v zadním tažném oku poté pomocí prvku constraint (1). Do středového uzlu (2) je poté umístěna vazba při zátěžném stavu čelní náklon nahrazující lano a umožňující všechny posuvy a rotace kromě translace v podélném směru (osa x).



*Obr.14 Náhrada čepů mezi zadním dílem a zadním polorámem,  
1 – rigid, 2 – constraint*

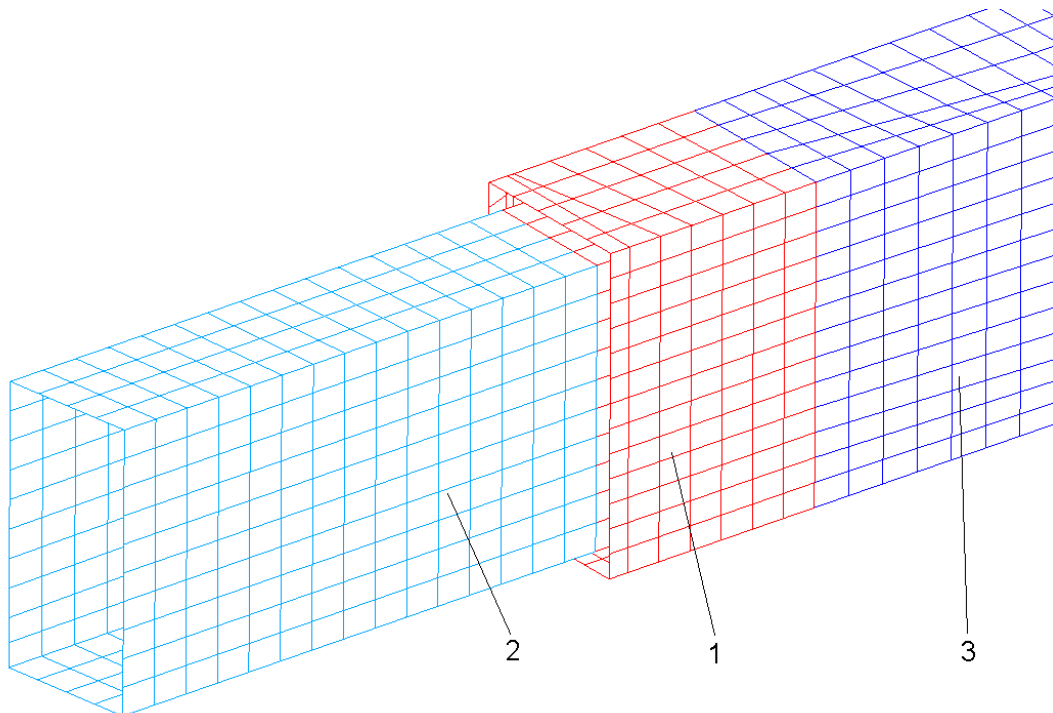


*Obr.15: Náhrada čepu v tažném oku,  
1 – constraint, 2 – středový uzel*



## Náhrada kontaktu

Je provedena jako nahrazení kontaktu mezi zadním dílem zasunutým do zadního polorámu. Kontakt je definován pomocí Contact set, kde je zadáno tření mezi materiálem, plochy, kde má být kontakt realizován, a jaká vzdálenost má být udržována mezi těmito plochami.



Obr.16: Náhrada kontaktu,  
1 – plochy, na kterých je realizován Contact set, 2 – jákl 5 mm, 3 – jákl 6,3 mm

## 5 Pevnostní analýza původního rámu

Použitý materiál na zadním rámu lesní vyvážačky: - plechy z materiálu 11 523 (S355J0)  
- jákly z materiálu 11 483 (S355J2G3)

Minimální mez kluzu pro materiál:

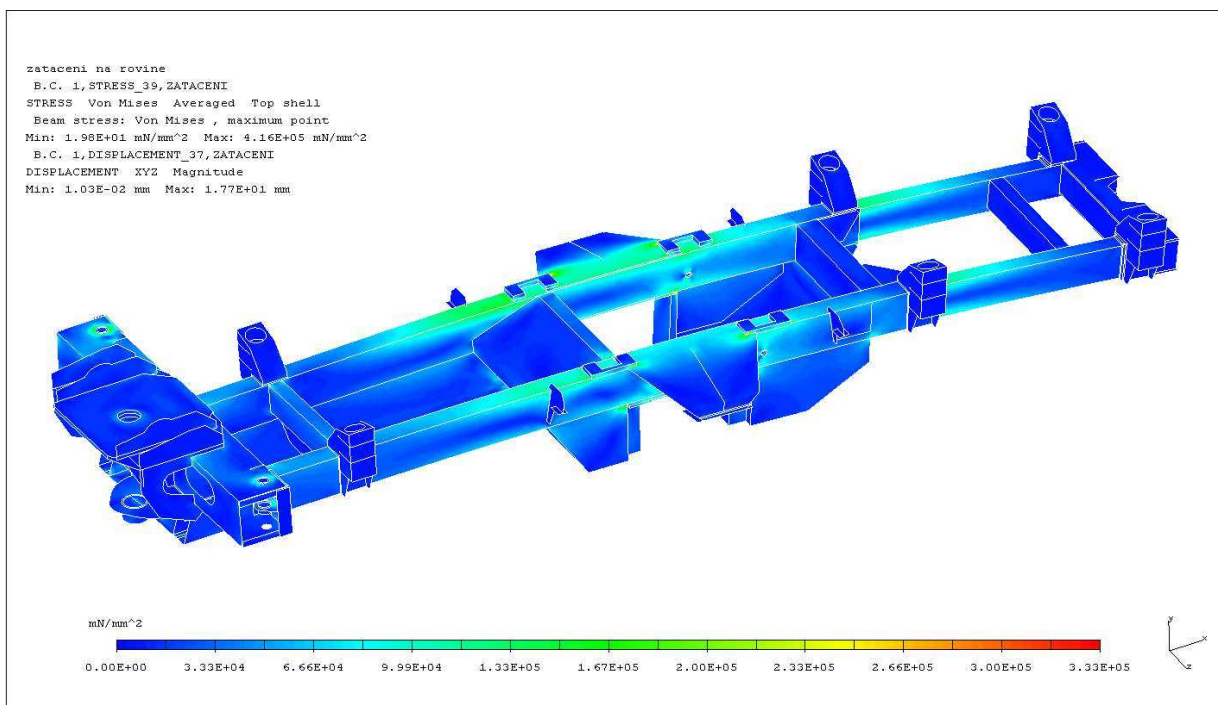
11 523 (S355J0)  $R_{eH}=333$  MPa

11 483 (S355J2G3)  $R_{eH}=355$  MPa

$R_{eH}$  [MPa] Minimální mez kluzu oceli stanoveno z [4]

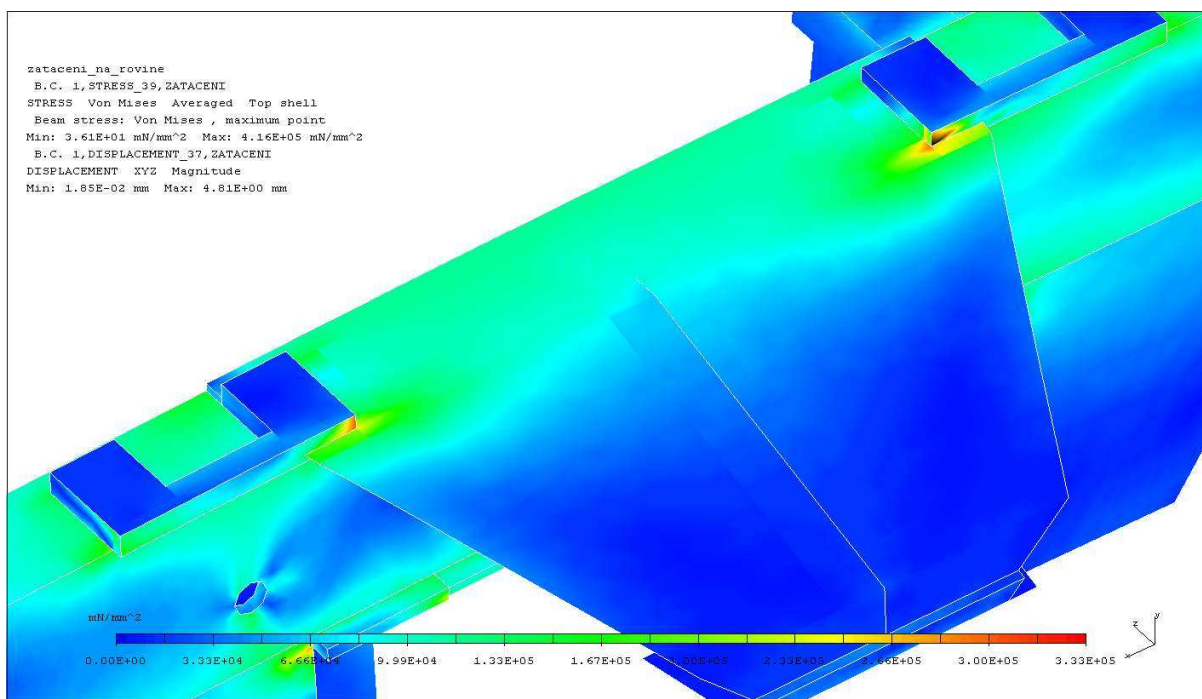
Výsledky z pevnostní analýzy jsou porovnány s hodnotou minimální meze kluzu materiálu  $R_{eH} = 333$  MPa. Stav napjatosti je určen podle teorie HMM (v programu I-Deas nazvána Von Mises).

## 5.1 Zatáčení na rovině



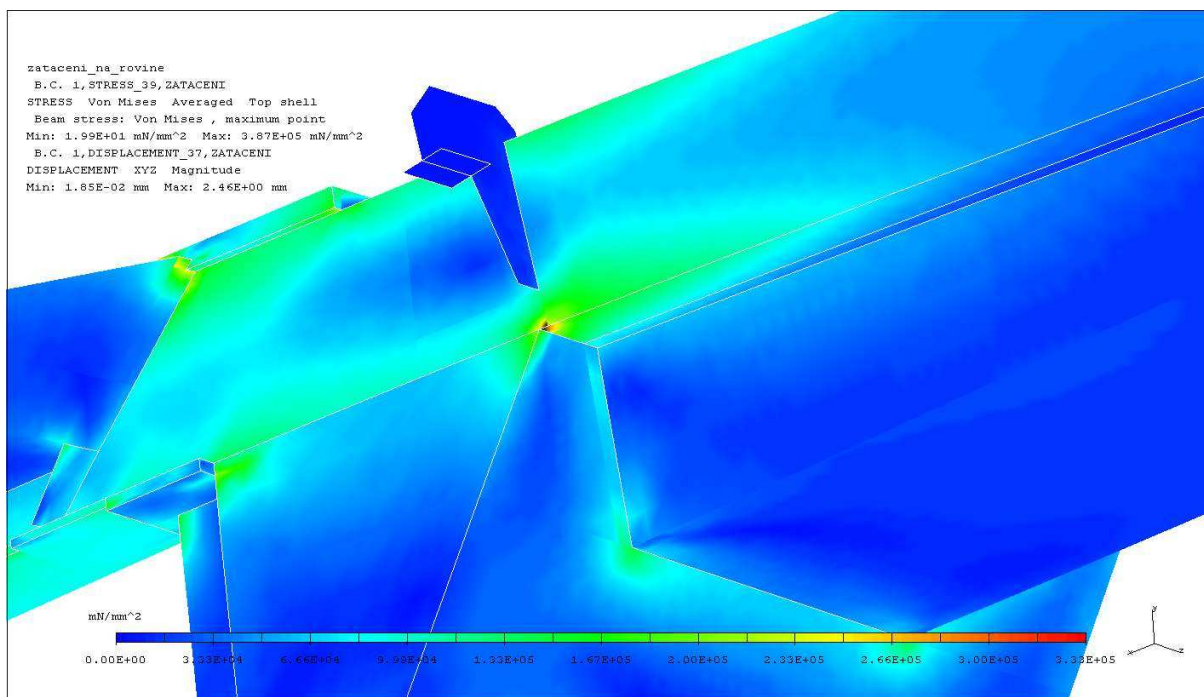
*Obr.17: Zatáčení na rovině – celkový pohled, deformace 10:1, max. napětí 416 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 17,7 mm*

Nejvíce namáhanou oblastí rámu jsou místa přivaření podkov uchycení k hornímu plechu držáku (obr.18).



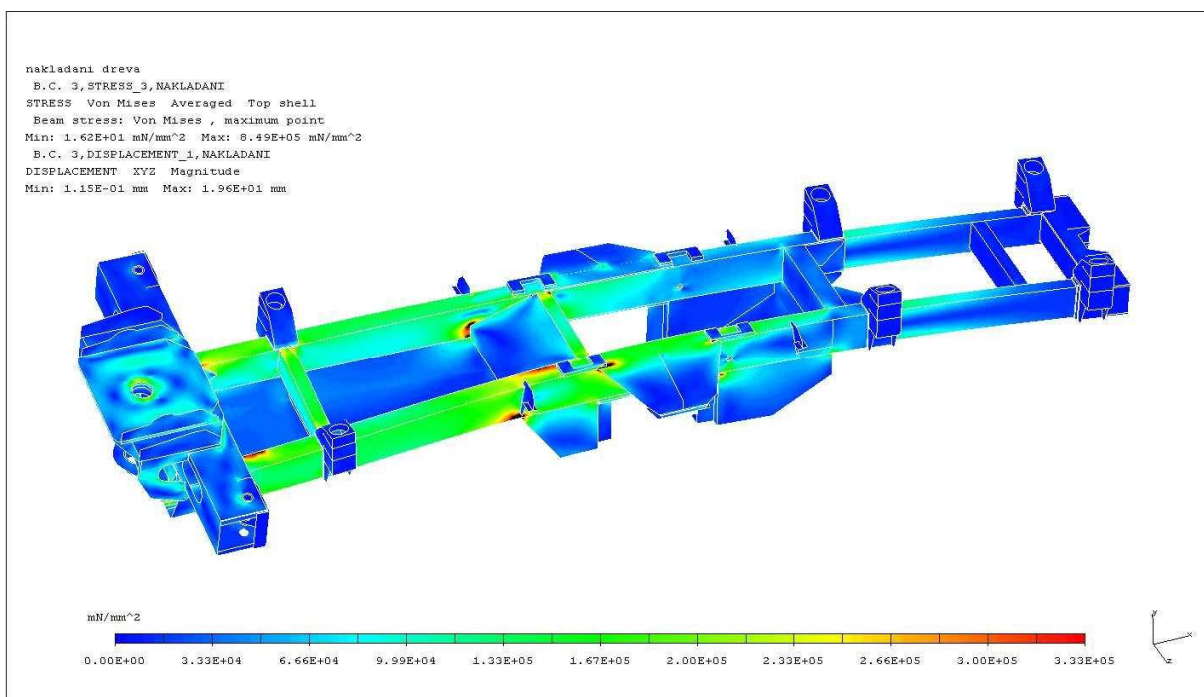
*Obr.18: Zatáčení na rovině – kritické místo 1, deformace 10:1, max. napětí 416 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 4,81 mm*

Dalším kritickým místem s vysokou hodnotou napětí je místo přivaření spodního předního plechu (obr.19) k hlavním podélným jáklům, který tvoří ochranu pro hydraulické komponenty v místě mezi boggie nápravami.



*Obr.19: Zatáčení na rovině – kritické místo 2, deformace 10:1, max. napětí 387 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 2,46 mm*

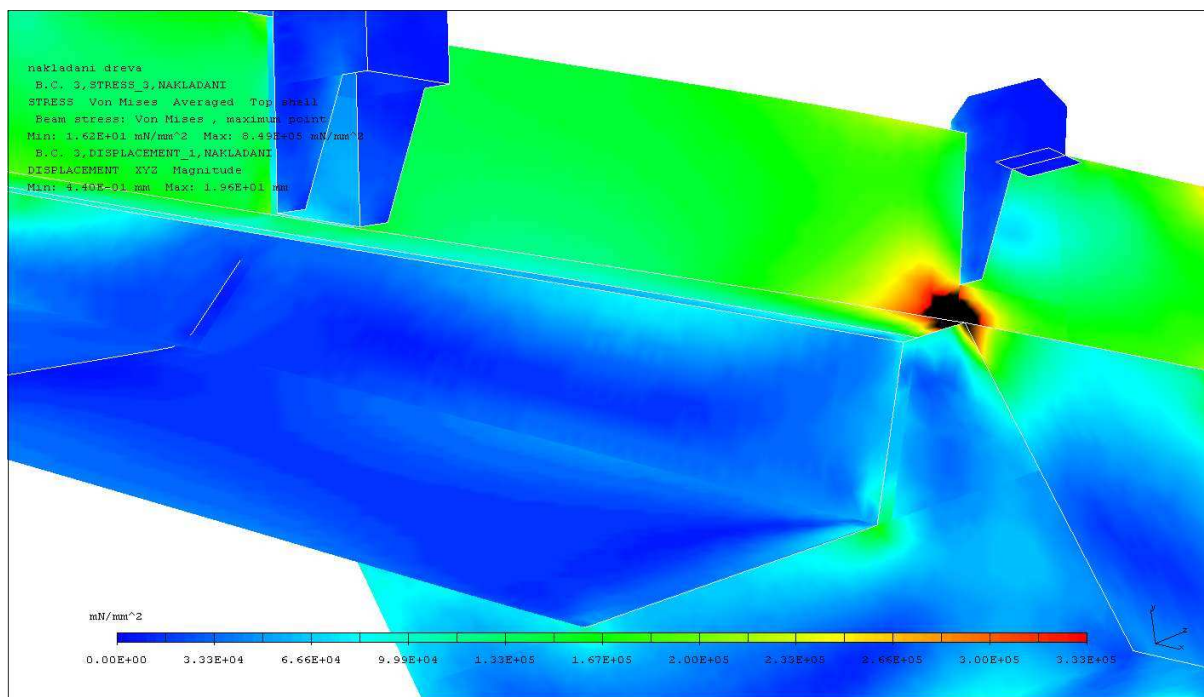
## 5.2 Nakládání dřeva



*Obr.20: Nakládání dřeva – celkový pohled, deformace 10:1, max. napětí 849 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 19,6 mm*

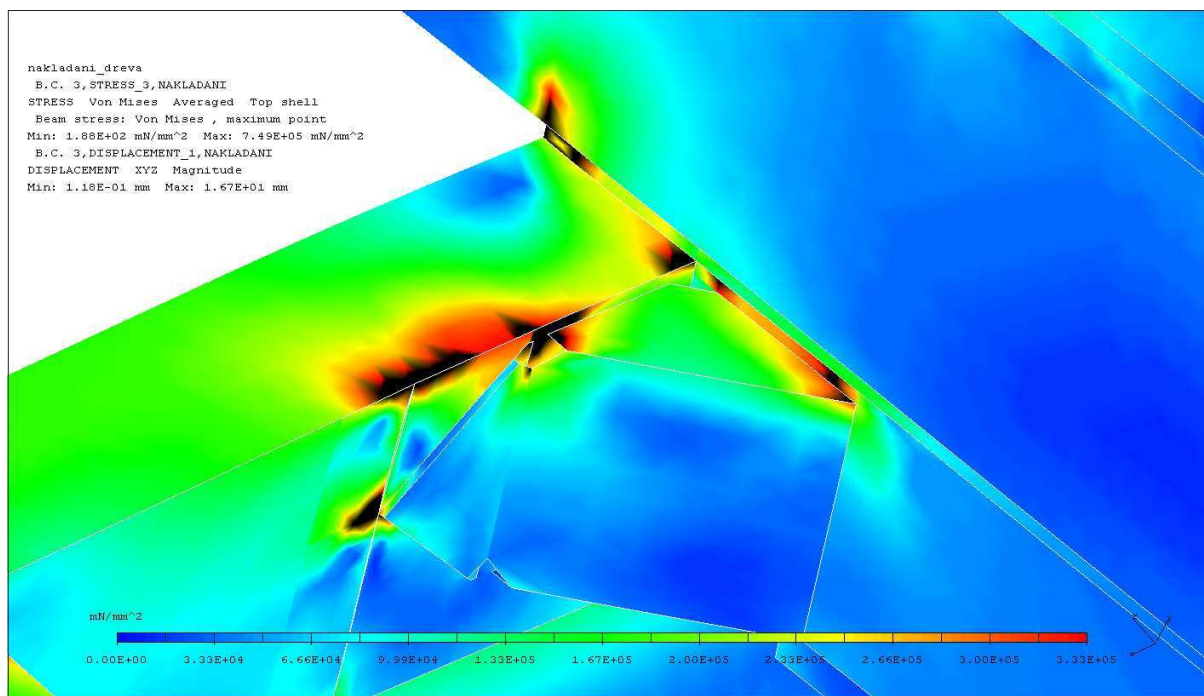


Nejvíce namáhaným místem rámu je místo přivaření spodního předního plechu (obr.21) k hlavním podélným jáklům, který tvoří ochranu pro hydraulické komponenty v místě mezi boggie nápravami.



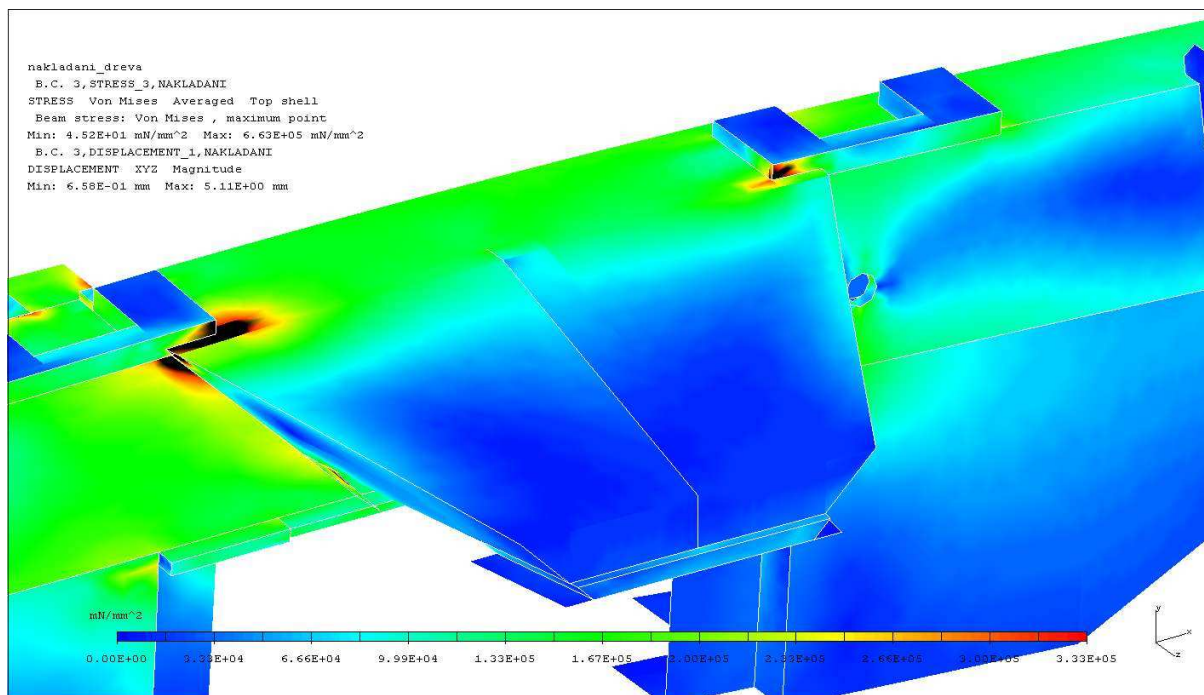
*Obr.21: Nakládání dřeva – kritické místo 1, deformace 10:1, max. napětí 849 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 19,6 mm*

Dalším kritickým místem je oblast kolem rohové výztuhy (obr.22), která je v místě přivaření předního nosníku na zadní polorám.



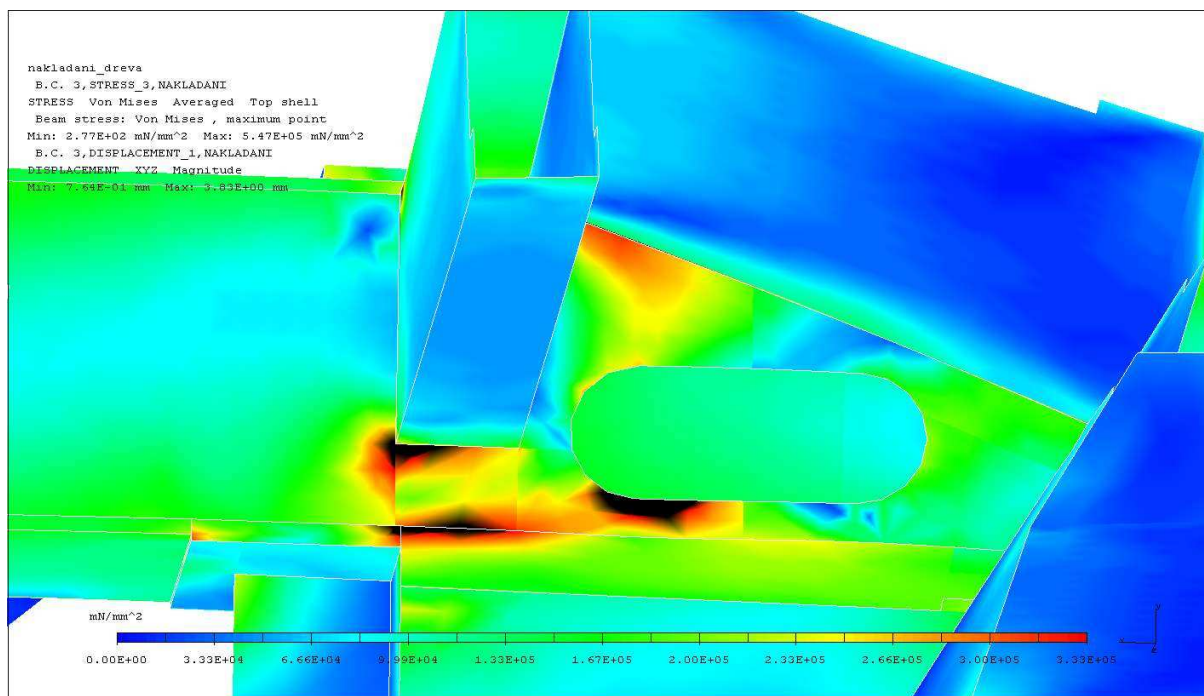
*Obr.22: Nakládání dřeva – kritické místo 2, deformace 10:1, max. napětí 749 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 16,7 mm*

Oblast s třetí nejvyšší hodnotou napětí na rámu při tomto zatěžovacím stavu jsou místa přivaření podkov uchycení k hornímu plechu držáku (obr.23).



*Obr.23: Nakládání dřeva – kritické místo 3, deformace 10:1, max. napětí 663 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 3,02 mm*

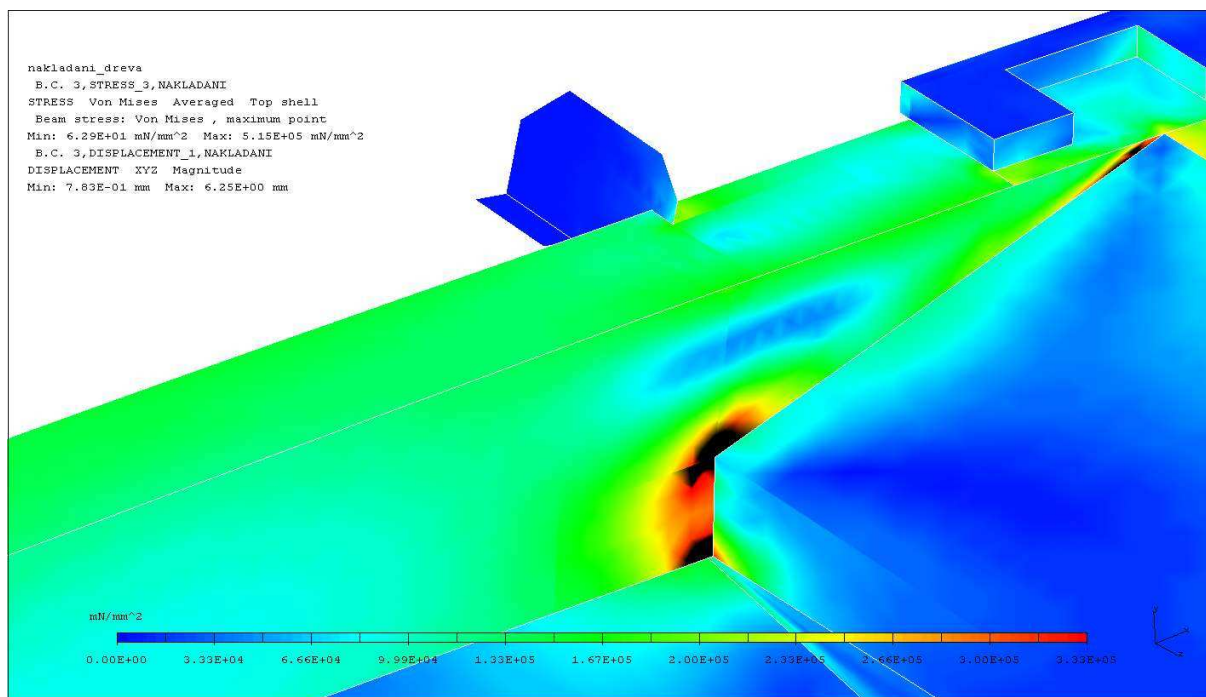
Místo s vysokou hodnotou napětí je také oblast okolo místa přivaření hlavních podélných jáklů a prostředního příčného jáklu, který se nachází blízko uchycení boggie náprav na rám (obr.24).



*Obr.24: Nakládání dřeva – kritické místo 4, deformace 10:1, max. napětí 547 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 3,83 mm*

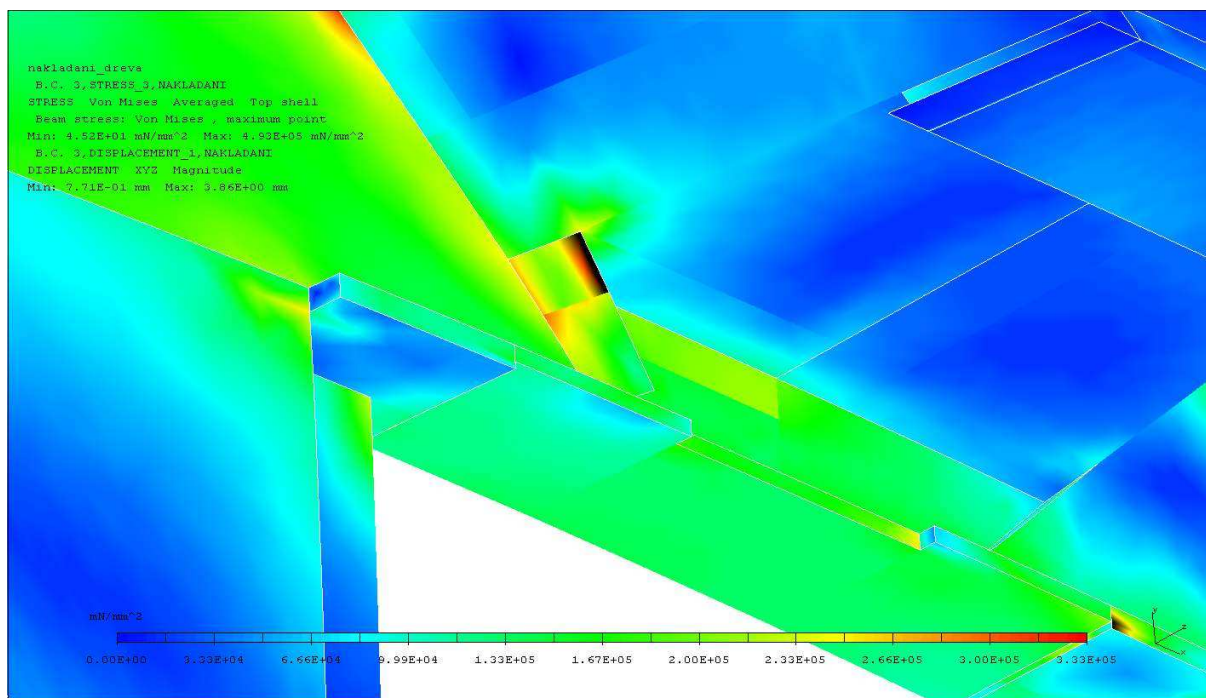


Místo překračující dovolené napětí je také místo přivaření předního krytu (obr.25) k hlavním podélným jáklům, který tvoří ochranu pro hydraulické komponenty v místě mezi boggie nápravami.



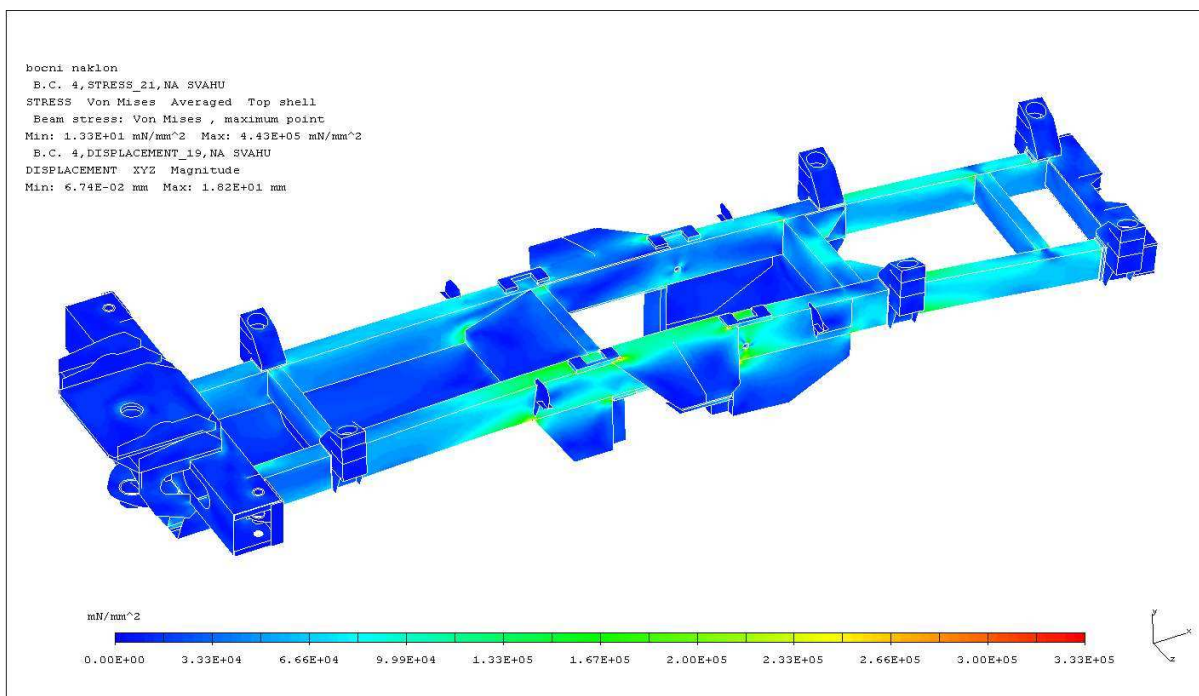
*Obr.25: Nakládání dřeva – kritické místo 5, deformace 10:1, max. napětí 515 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 6,25 mm*

Další místa s hodnotou napětí překračující dovolenou hodnotu napětí jsou žebra a jejich okolí, která se nachází mezi plechy držáků náprav a hlavními podélnými jákly (obr.26).



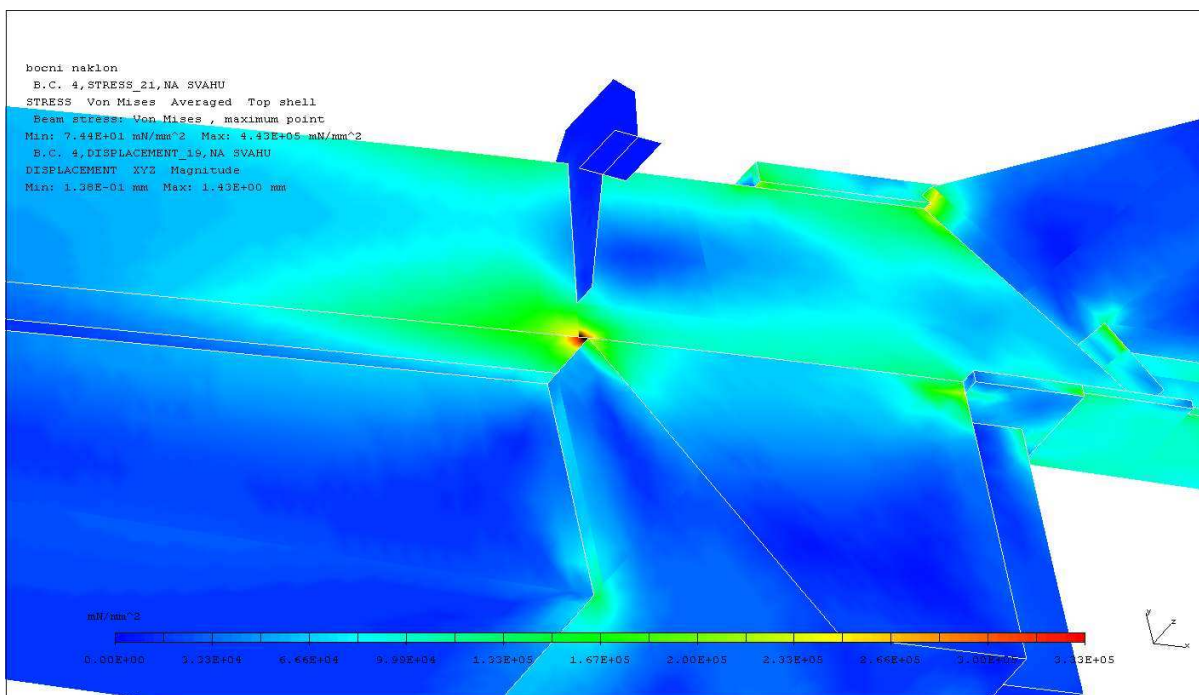
*Obr.26: Nakládání dřeva – kritické místo 6, deformace 10:1, max. napětí 493 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 3,86 mm*

## 5.3 Boční náklon



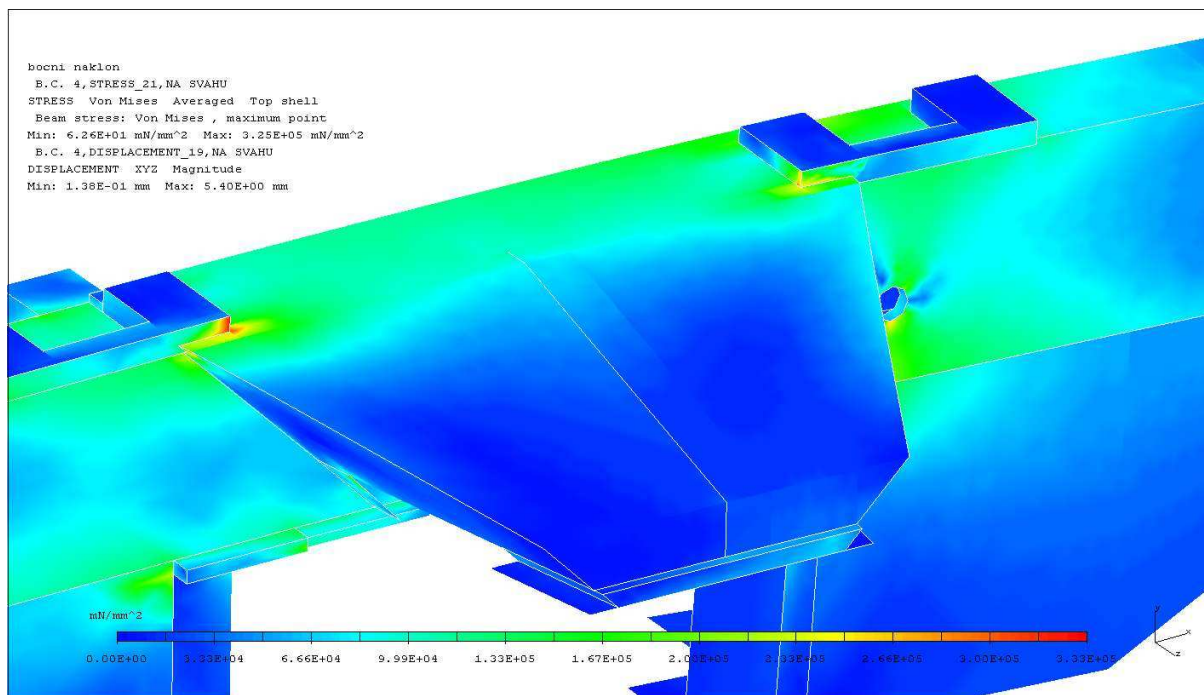
*Obr.27: Boční náklon – celkový pohled, deformace 10:1, max. napětí 443 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 18,2 mm*

Nejvíce namáhaným místem s vysokou hodnotou napětí je místo přivaření spodního předního plechu (obr.28) k hlavním podélným jáklům, který tvoří ochranu pro hydraulické komponenty v místě mezi boggie nápravami.



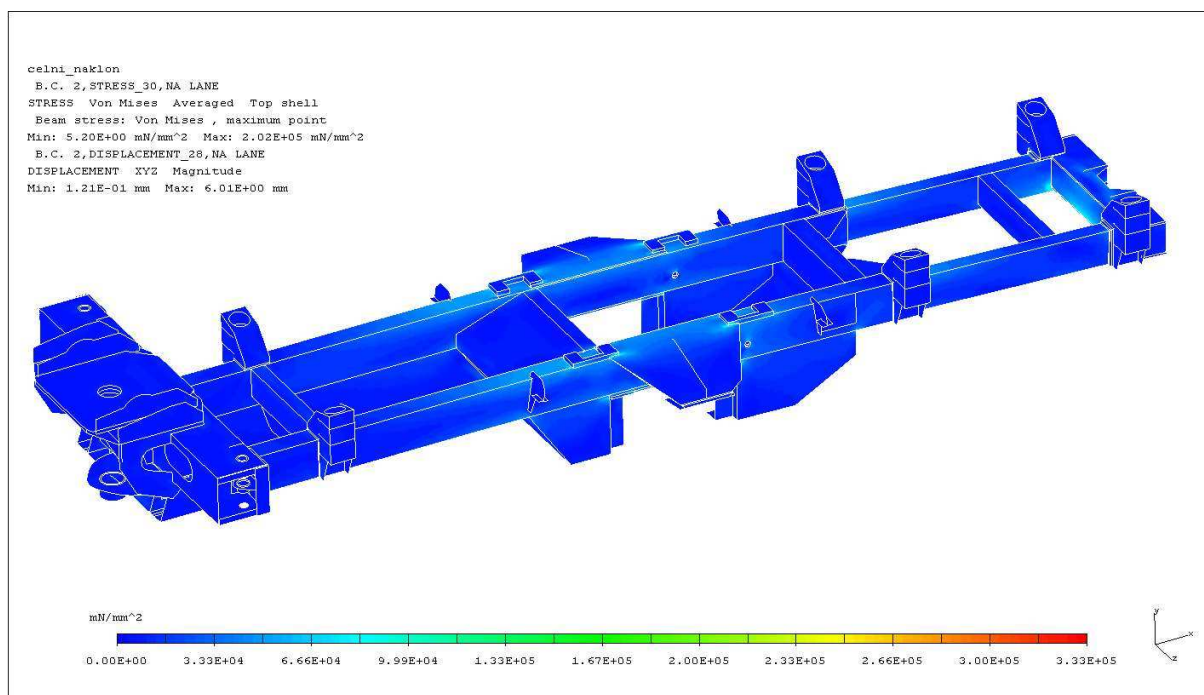
*Obr.28: Boční náklon – kritické místo 1, deformace 10:1, max. napětí 443 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 1,43 mm*

Další namáhanou oblastí rámu jsou místa přivaření podkov uchycení k hornímu plechu držáku (obr.29).



Obr.29: Boční náklon – kritické místo 2, deformace 10:1, max. napětí 325 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 5,4 mm

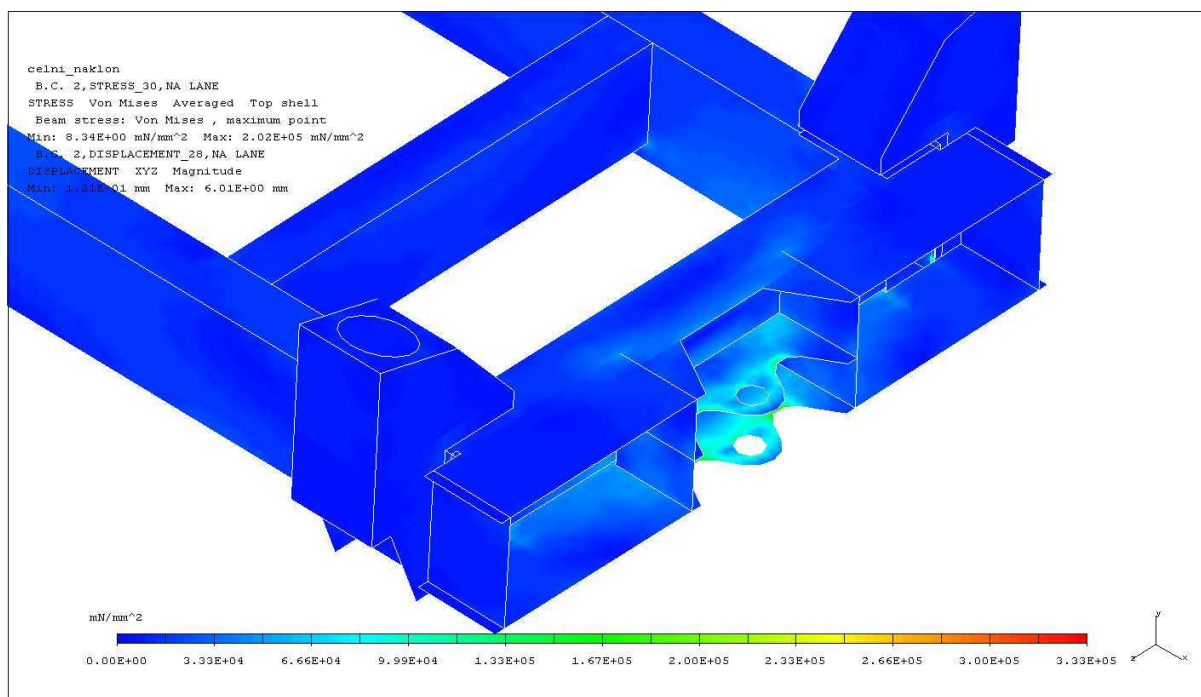
## 5.4 Čelní náklon



Obr.30: Čelní náklon – celkový pohled, deformace 10:1, max. napětí 202 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 6,01 mm

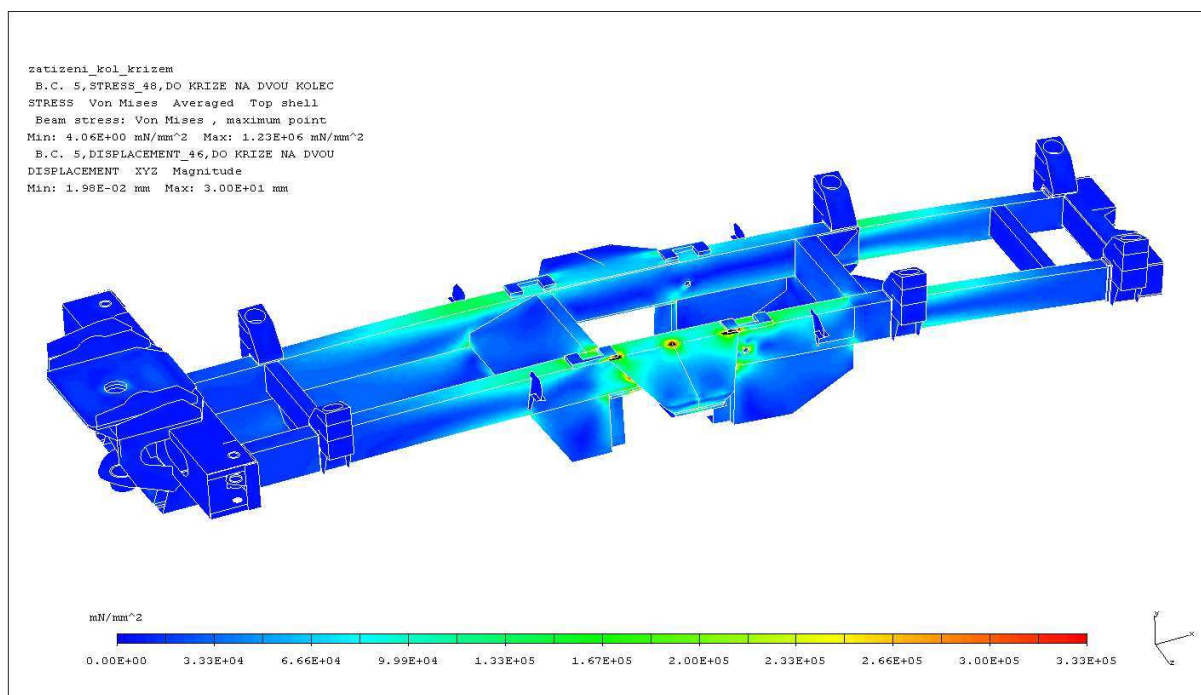


Při tomto zatěžovacím stavu nedochází k výraznému namáhání rámu lesní vyvážky. Nejvíce namáhaným místem je okolí tažného oka na zadním dílu (obr.31).



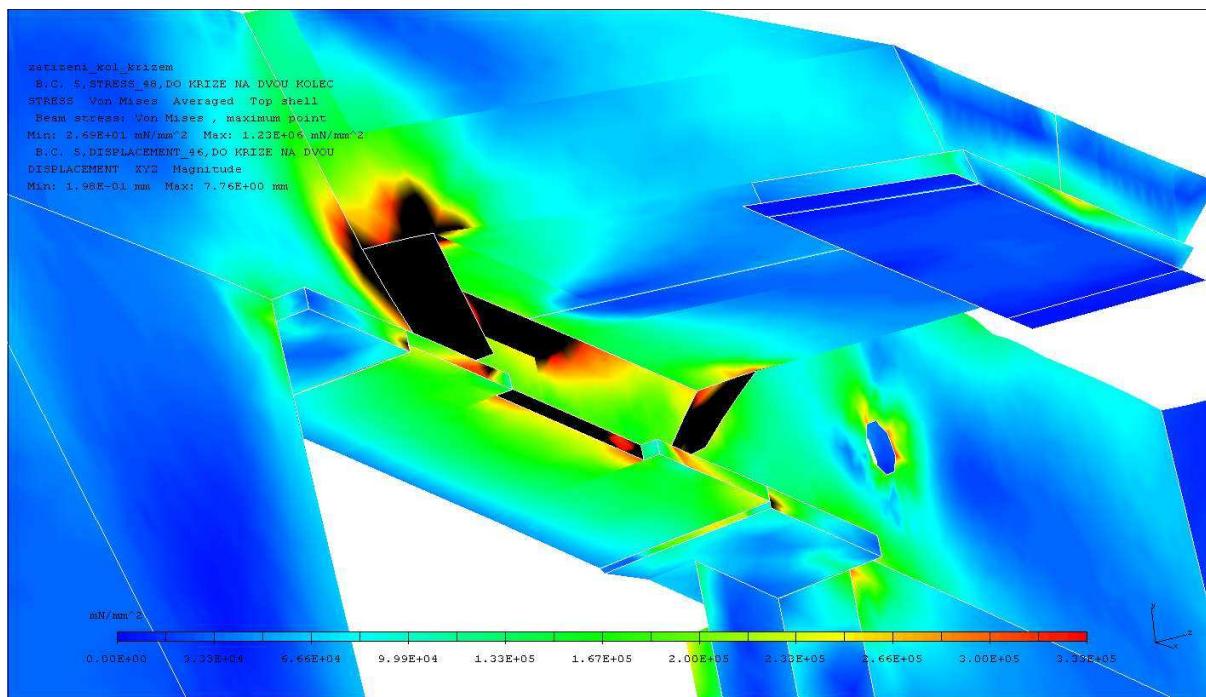
Obr.31: Čelní náklon – kritické místo 1, deformace 10:1, max. napětí 202 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 6,01 mm

## 5.5 Zatížení kol křížem



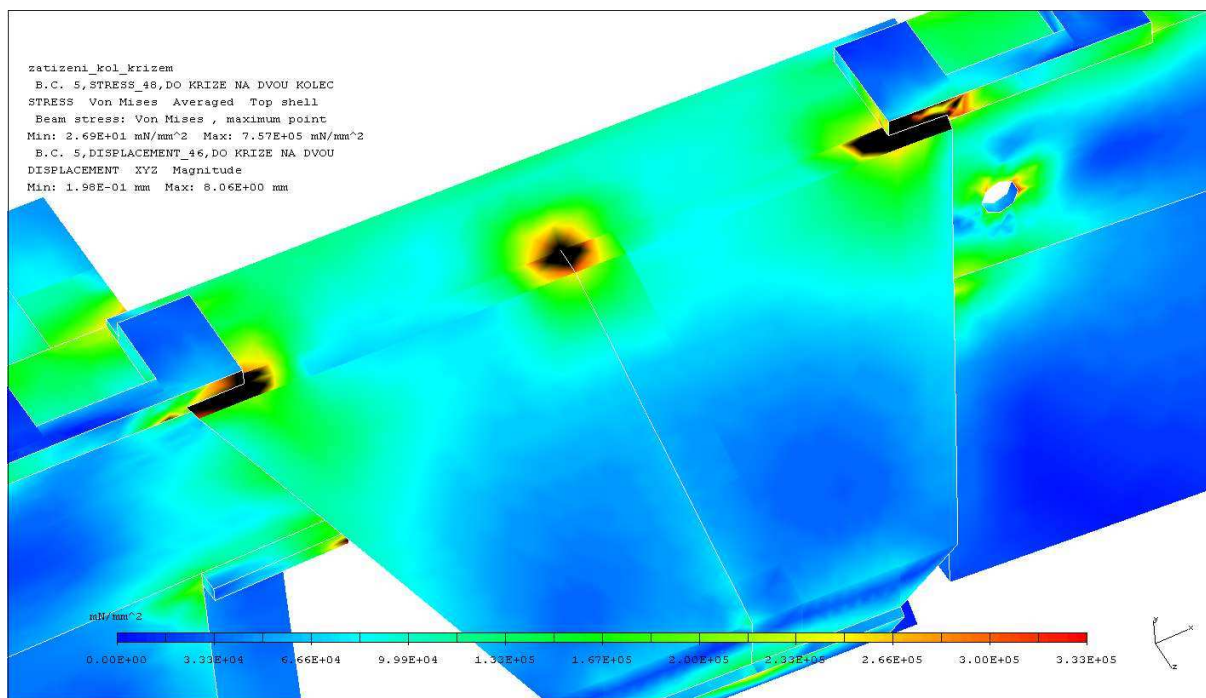
Obr.32: Zatížení kol křížem – celkový pohled, deformace 10:1, max. napětí 1230 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 30 mm

Nejvíce namáhaným místem rámu jsou žebra a jejich okolí, která se nachází mezi plechy držáků náprav a hlavními podélnými jákly (obr.33).



*Obr.33: Zatížení kol křížem – kritické místo 1, deformace 10:1, max. napětí 1230 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 7,76 mm*

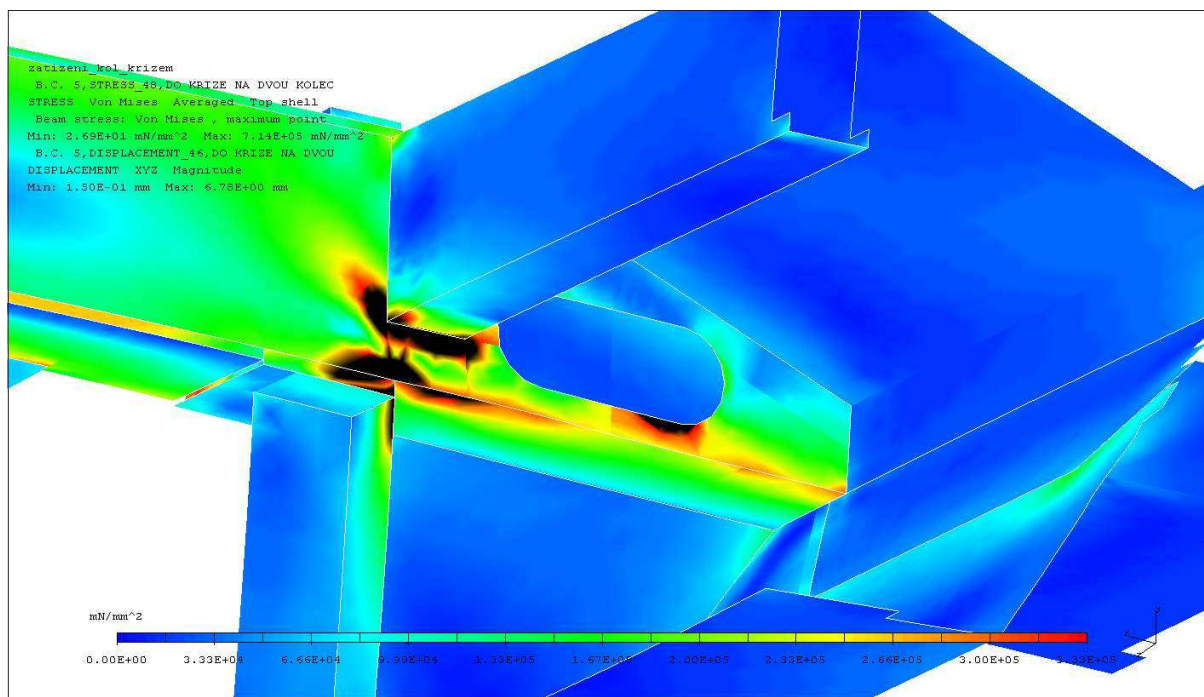
Další namáhanou oblastí rámu jsou místa přivaření podkov uchycení k hornímu plechu držáku (obr.34).



*Obr.34: Zatížení kol křížem – kritické místo 2, deformace 10:1, max. napětí 757MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 8,06 mm*

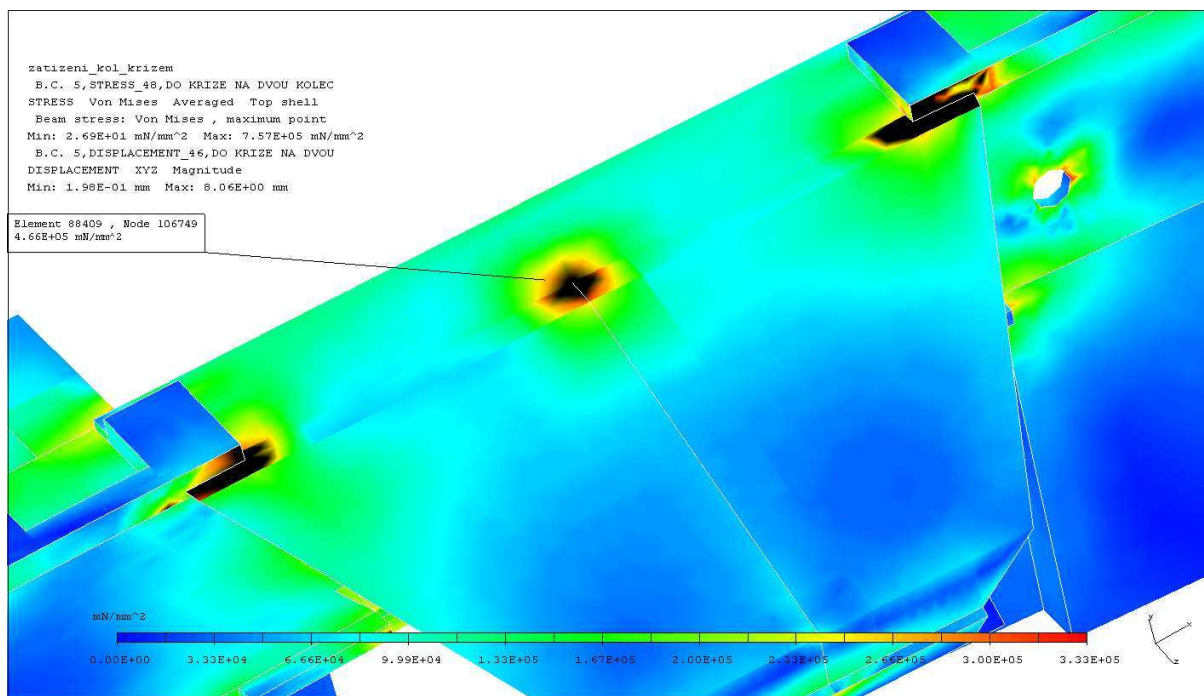


Místo s vysokou hodnotou napětí je také oblast okolo místa přivaření hlavních podélných jáklů a prostředního příčného jáklu, který se nachází blízko uchycení boggie náprav na rám (obr.35).



*Obr.35: Zatížení kol křížem – kritické místo 3, deformace 10:1, max. napětí 714MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 6,78 mm*

Oblast se čtvrtou nejvyšší hodnotou napětí na rámu při tomto zatěžovacím stavu je místo okolo zakončení žebra držáku.



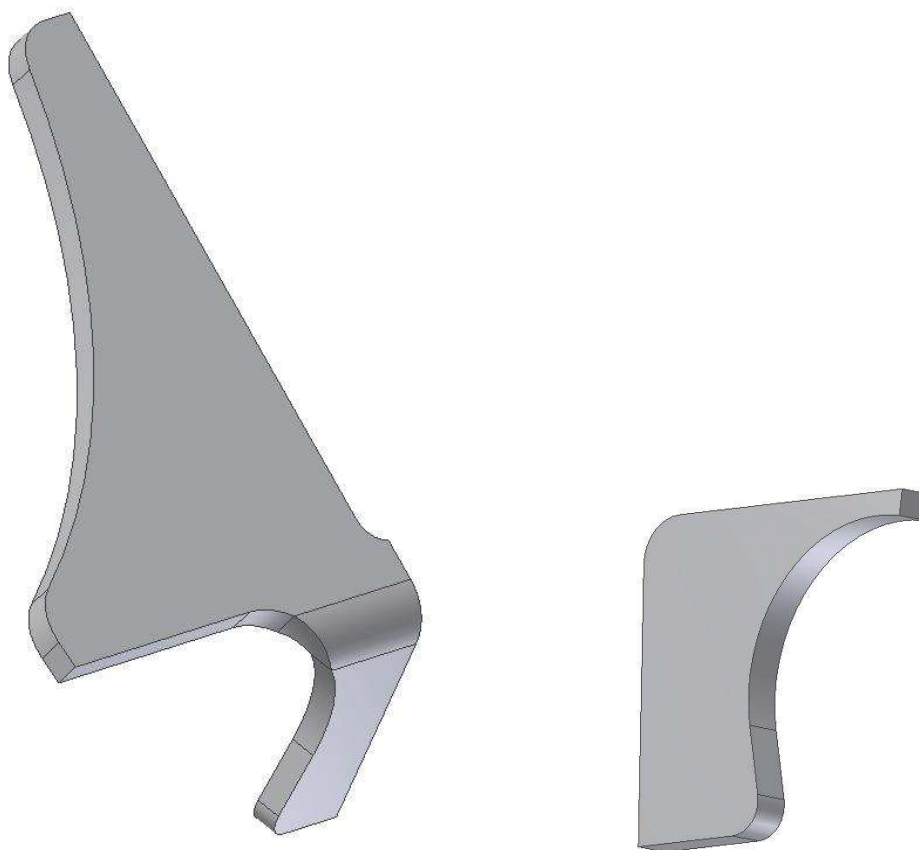
*Obr.36: Zatížení kol křížem – kritické místo 4, deformace 10:1, max. napětí 757 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 8,06 mm, kritické místo 4 – napětí 466 MPa*

## 6 Rozbor výsledků

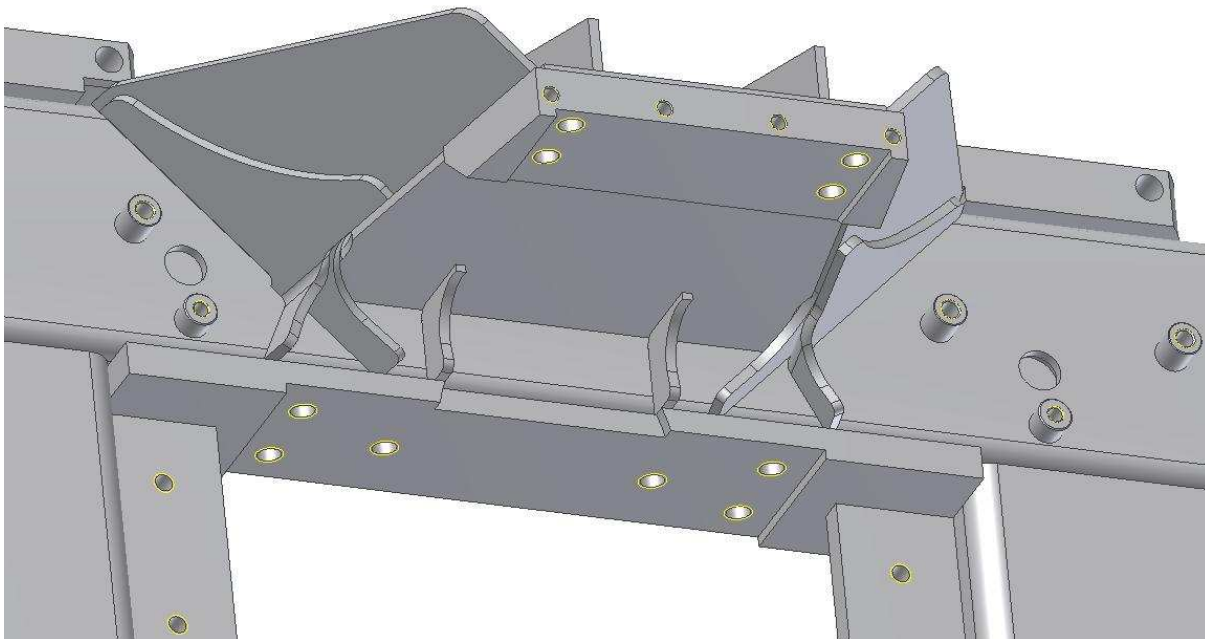
Pevnostní analýzou původního rámu lesní vyvážedky byla zjištěna kritická místa, ve kterých maximální napětí převyšuje hodnotu minimální meze kluzu materiálu  $R_{eH} = 333 \text{ MPa}$ . Tato místa se projevila zejména při zátěžných stavech nakládání dřeva a zatížení kol křížem. Většina kritických míst z jednotlivých zátěžných stavů jsou totožná.

### 6.1 Seznam návrhů konstrukčních úprav

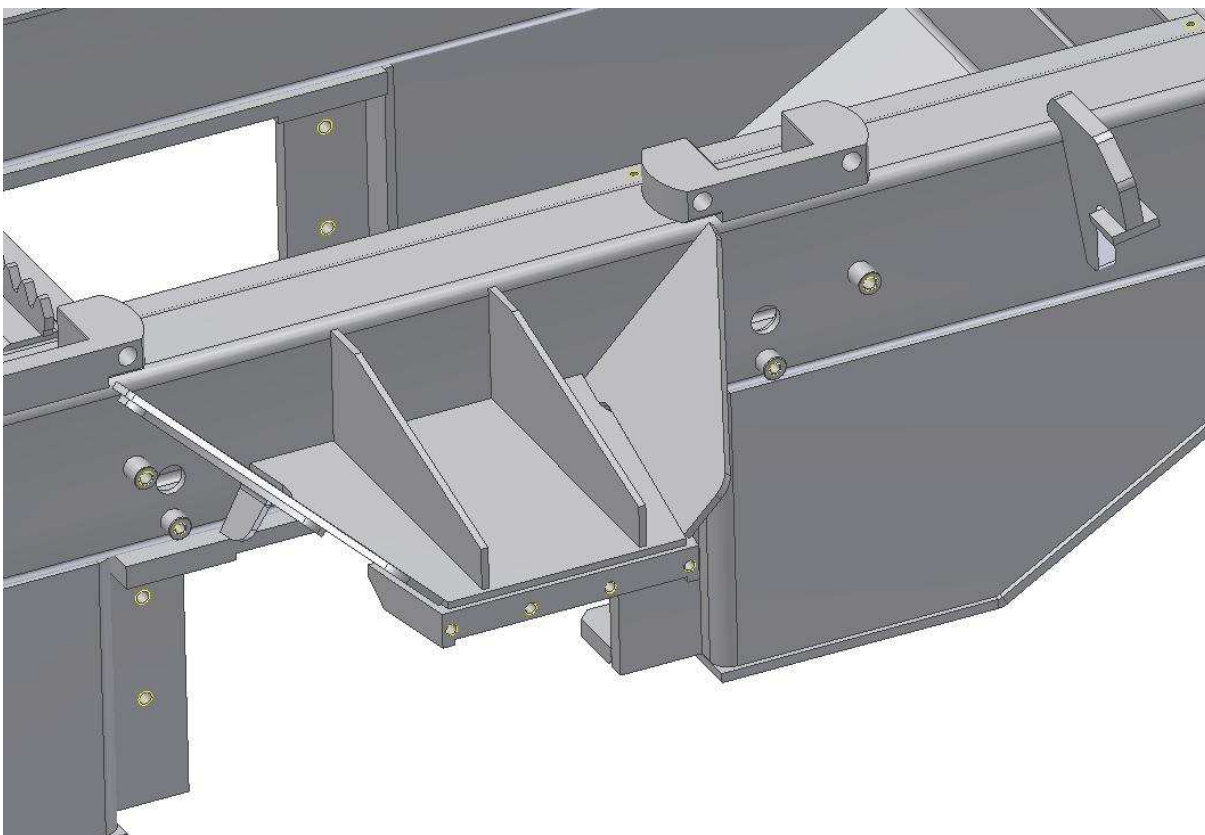
Jako nejkritičtější místo se projevilo okolí upevnění boggie náprav. Je důležité snížit napětí zejména v hlavním podélném nosníku v této oblasti. Z tohoto důvodu jsou zde přidány boční zesílení držáku o tloušťce 6 mm (obr.37 vlevo), dále spodní žebra, také tloušťka 6 mm (obr.37 vpravo), a žebro držáku, které bylo použito jedno, je nahrazeno dvěma žebry, která se nachází nad spodními žebry (obr.39). Také byl upraven tvar spodní části bočnic držáku (je stejný jako tvar spodních žeber).



*Obr.37: Zesílení držáku (vlevo), spodní žebro (vpravo)*

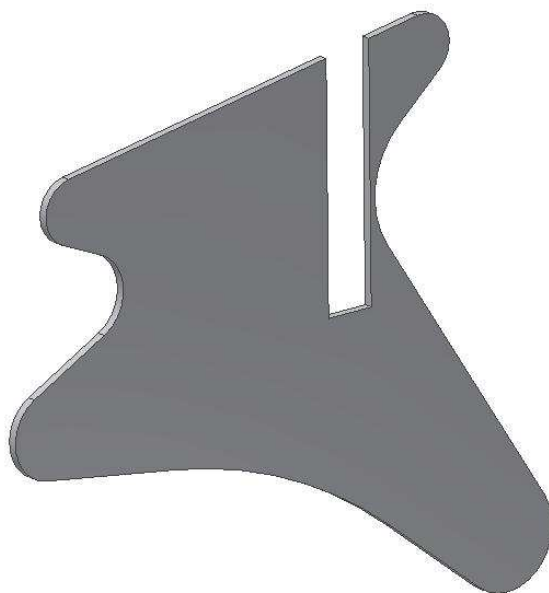


*Obr.38: Celkový pohled na úpravu držáku boggie nápravy*

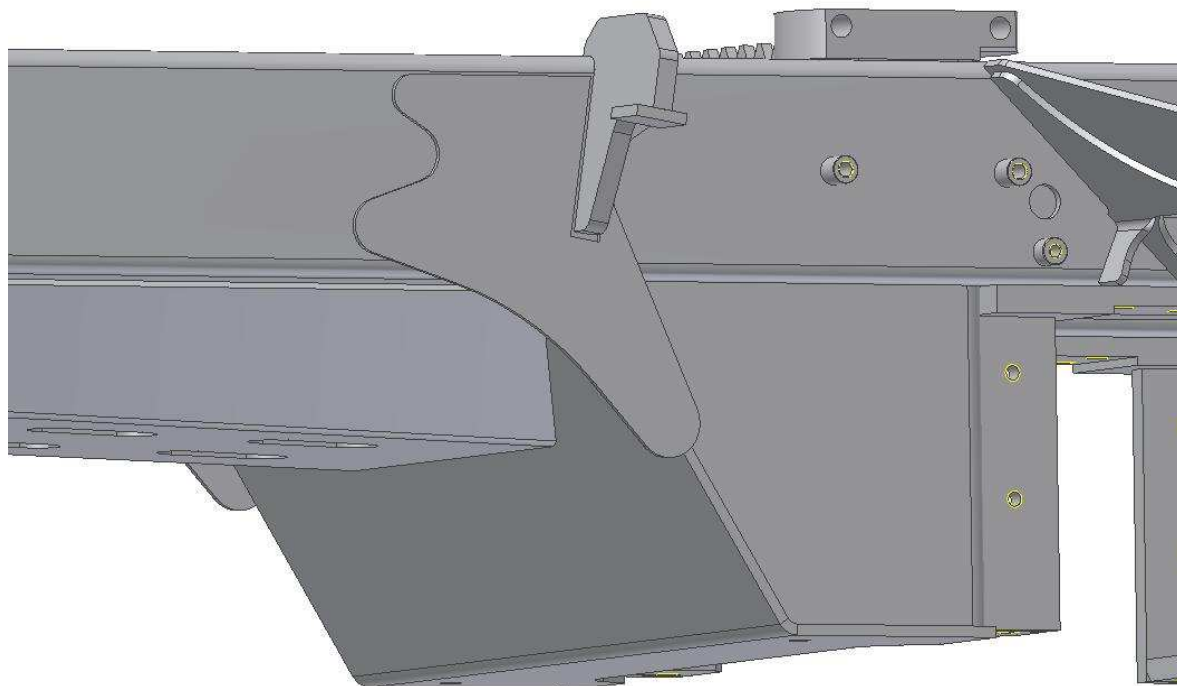


*Obr.39: Změna rozmístění žeber držáku (zobrazeno bez horního plechu držáku)*

Dalším kritickým místem na konstrukci, a to zejména při zátěžném stavu nakládání dřeva, je místo přivaření spodního předního plechu k hlavním podélným jáklům, který tvoří ochranu pro hydraulické komponenty v místě mezi boggie nápravami. V tomto místě byla navržena jako úprava přidání plechu o tloušťce 4mm (obr.40), který pomáhá přenést napětí z hlavního nosníku na spodní přední plech.



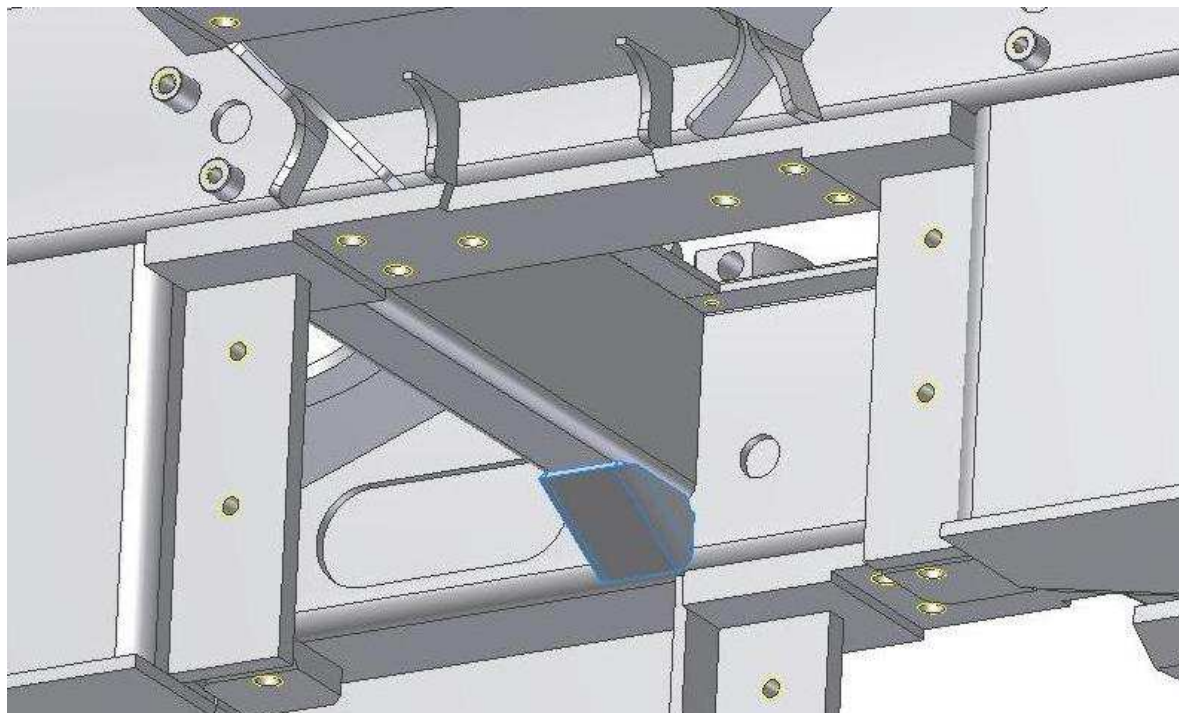
*Obr.40: Boční plech*



*Obr.41: Celkový pohled na boční plech přidaný na rám lesní vyvážedky*

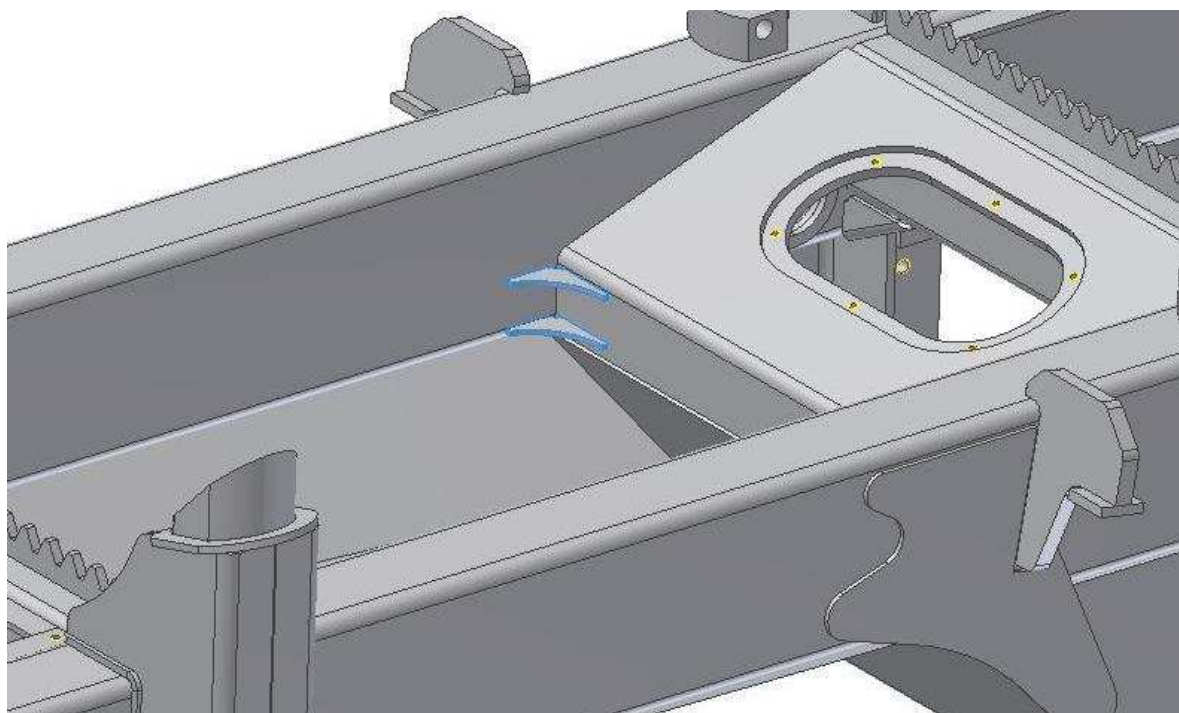


Dále jsou na rám lesní vyvážedky přidány rohové výztuhy z plechu tloušťky 4 mm a to v místě přivaření hlavních podélných jablek a prostředního příčnému jableku (obr.42).



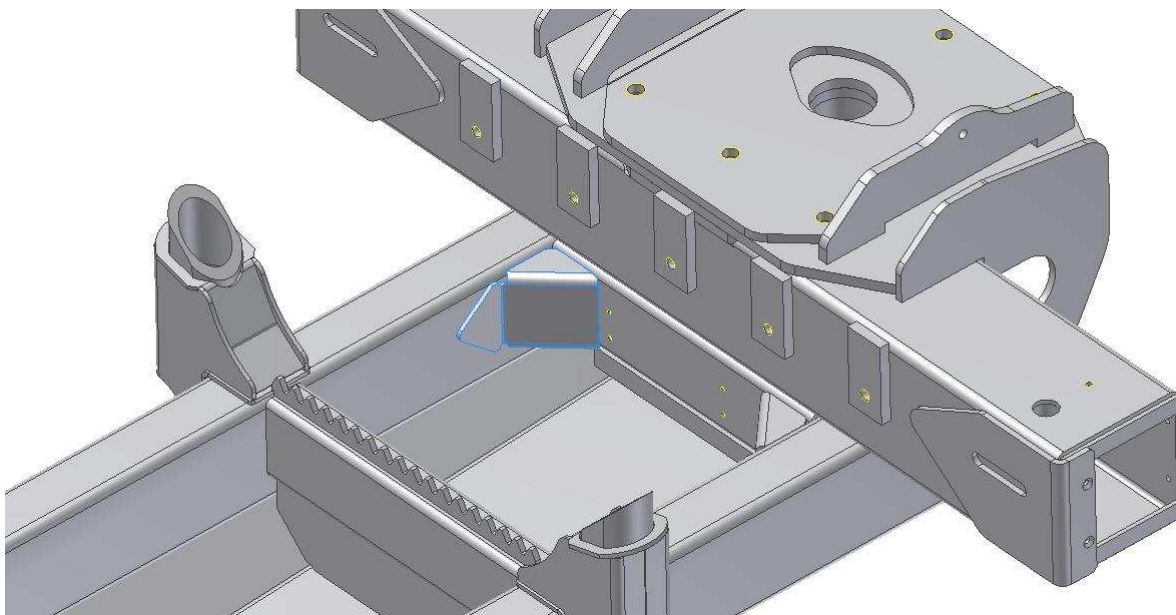
*Obr.42: Rohová výztuha 1*

V místě přivaření předního krytu k hlavním podélným jablekům, který tvoří ochranu pro hydraulické komponenty v místě mezi boggie nápravami (obr.43), jsou přidány dvě žebra. Na tyto žebra se přenesou napětí přesahující minimální mez kluzu materiálu, které se dříve nacházelo na hlavních podélných jablech.

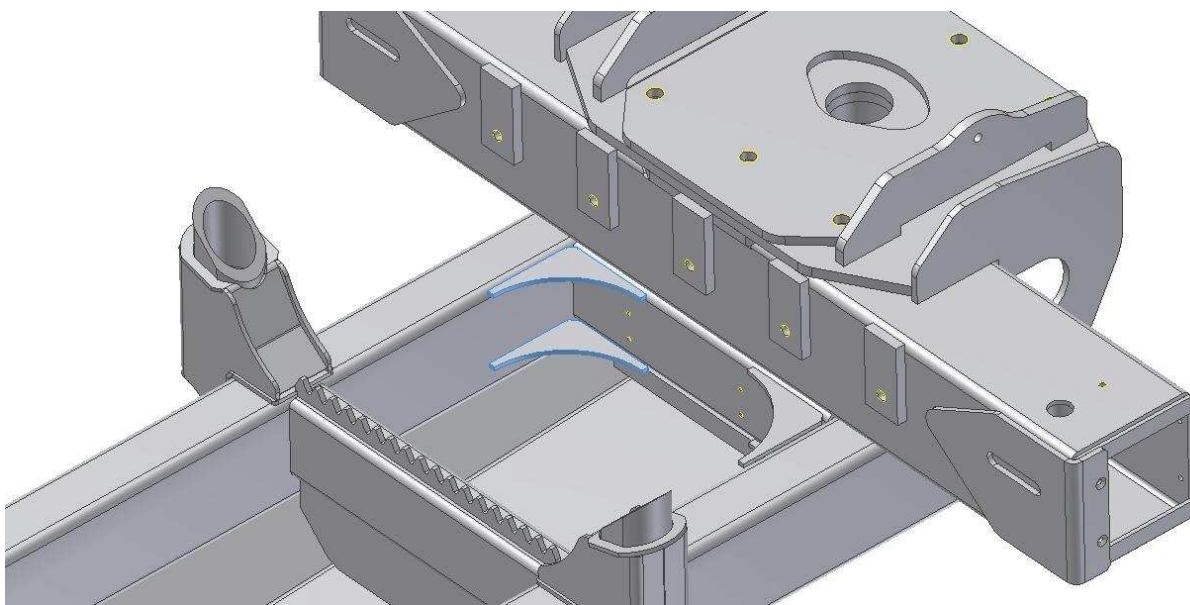


*Obr.43: Rohová výztuha 2*

Rohové výztuhy, které byly v místě přivaření předního nosníku na zadní polorám (obr.44), jsou nahrazeny žebry (obr.45). Důvodem této náhrady je snaha přesunout napětí z hlavních podélných jáklů na tyto žebra.



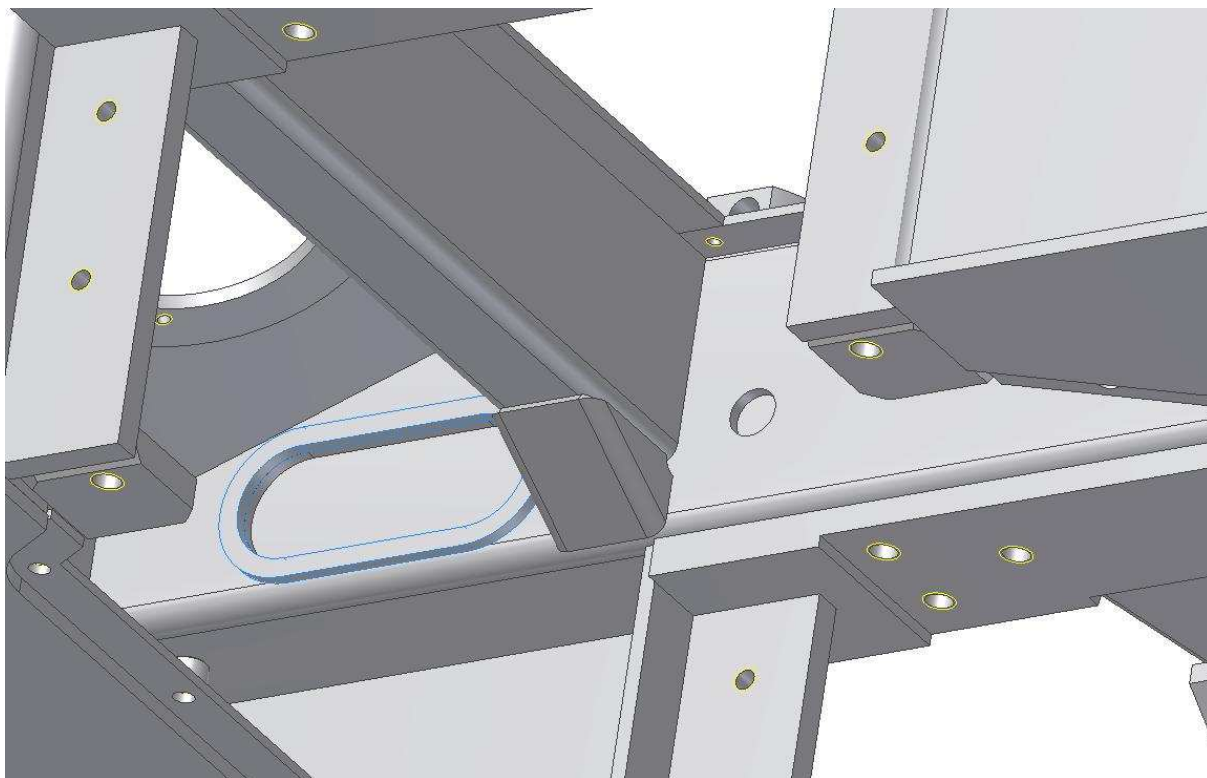
*Obr.44: Původní rohové výztuhy*



*Obr.45: Žebra nahrazující původní rohové výztuhy*



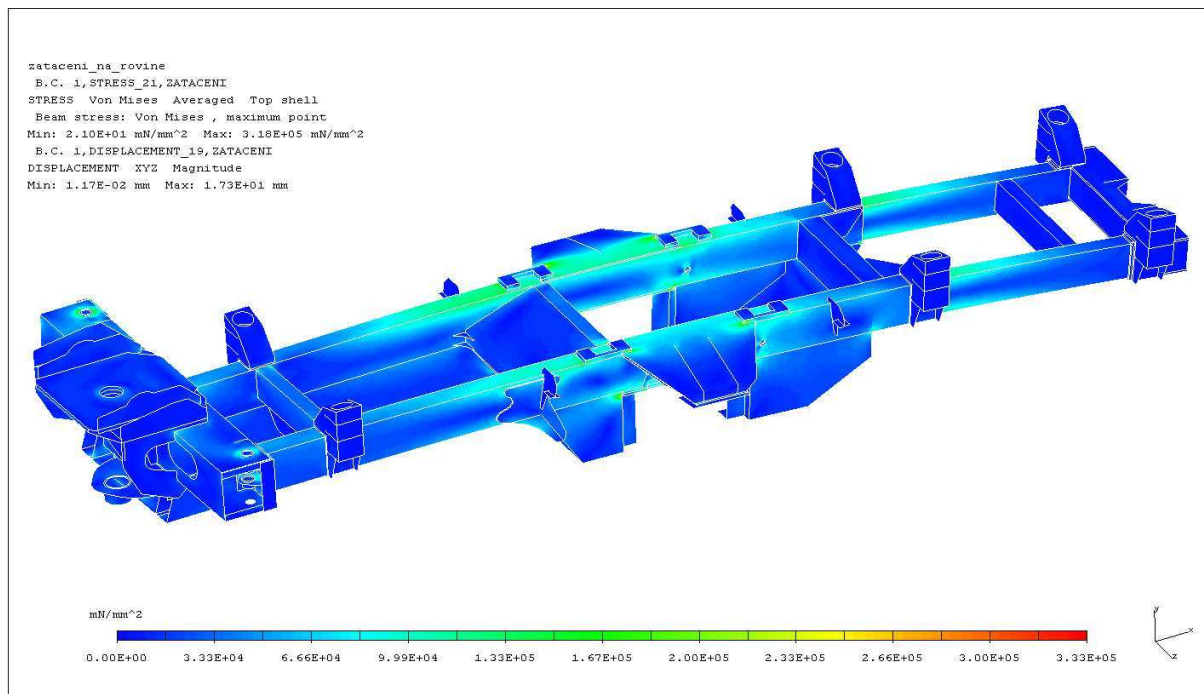
Poslední drobnou úpravou rámu je přidání lemu o rozměrech 6x10 mm okolo otvoru v hlavním podélném nosníku, kterým jsou přivedeny hydraulické hadice k hydraulickým komponentům (obr.46).



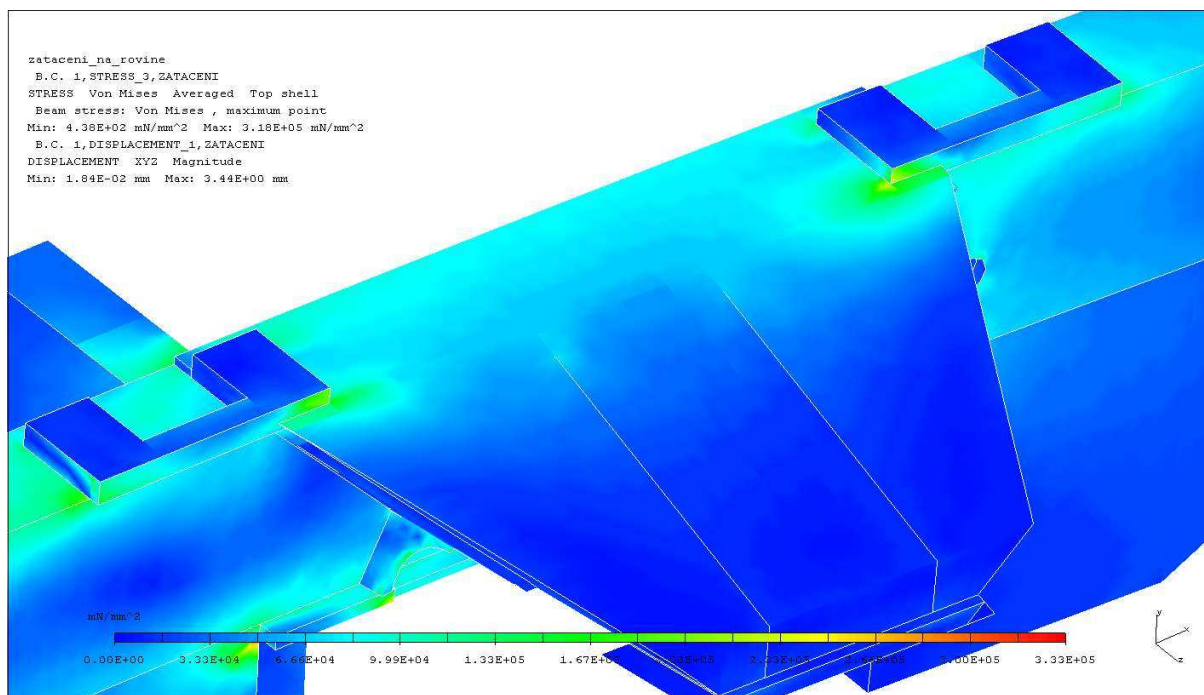
*Obr.46: Přidání lemu okolo otvoru v hlavním podélném nosníku*

## 7 Pevnostní analýza upraveného rámu

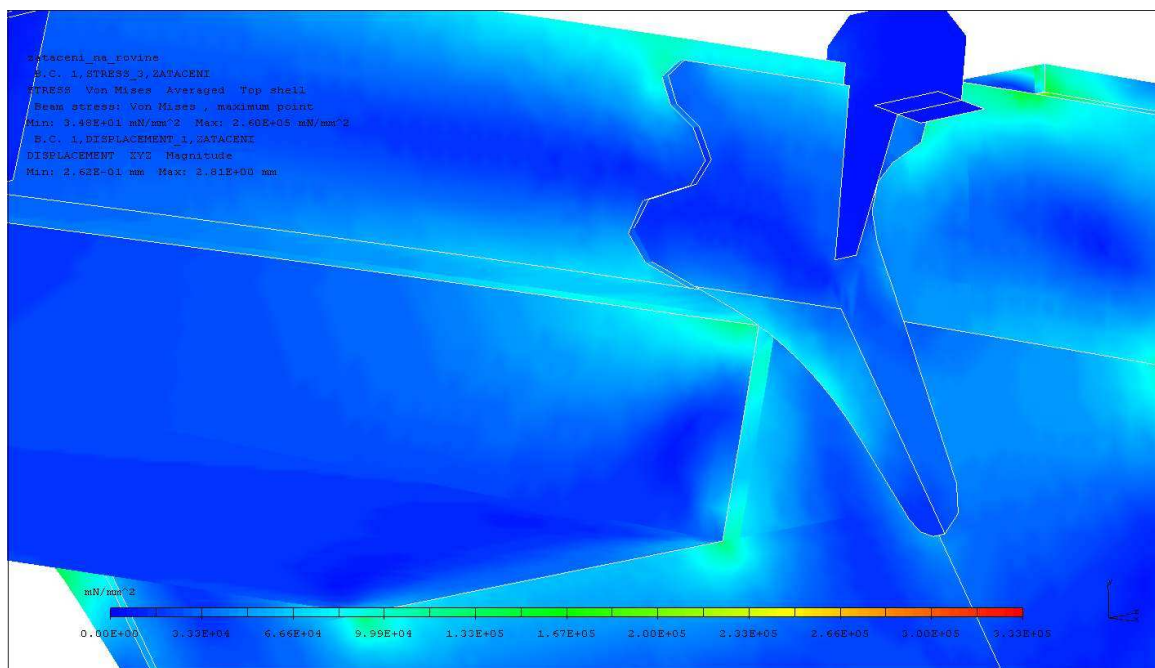
### 7.1 Zatáčení na rovině



Obr.47: Zatáčení na rovině – celkový pohled, deformace 10:1, max. napětí 318 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 17,3 mm



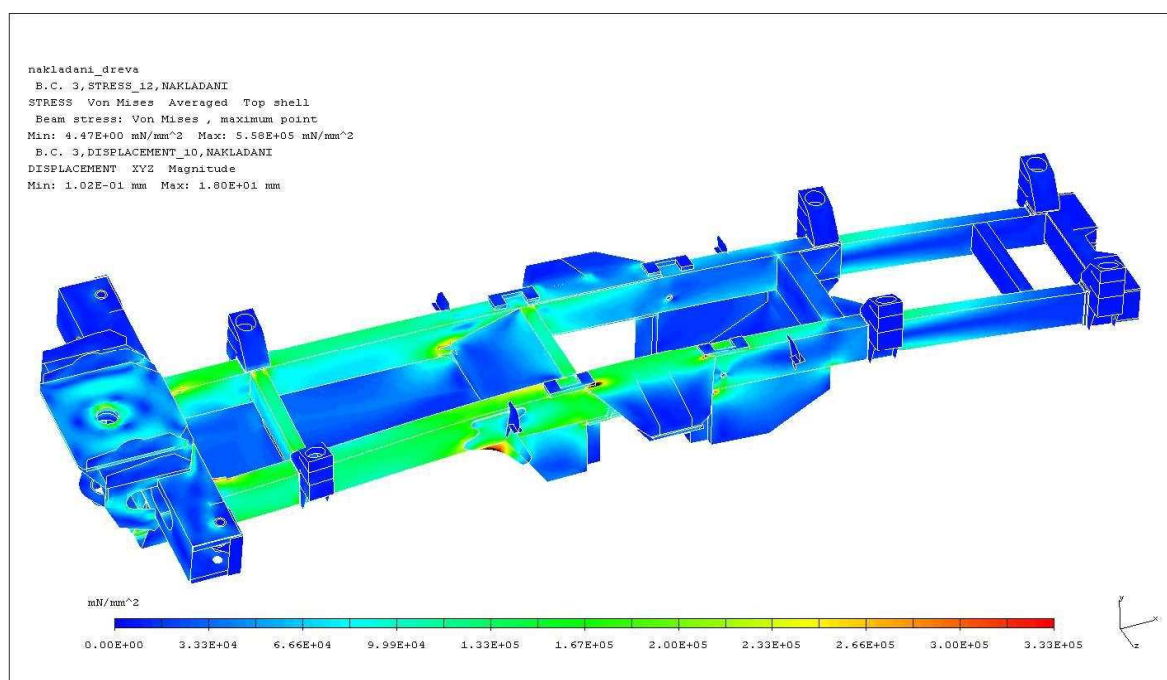
Obr.48: Zatáčení na rovině – kritické místo 1, deformace 10:1, max. napětí 318 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 3,44 mm



*Obr.49: Zatáčení na rovině – kritické místo 2, deformace 10:1, max. napětí 260 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 2,81 mm*

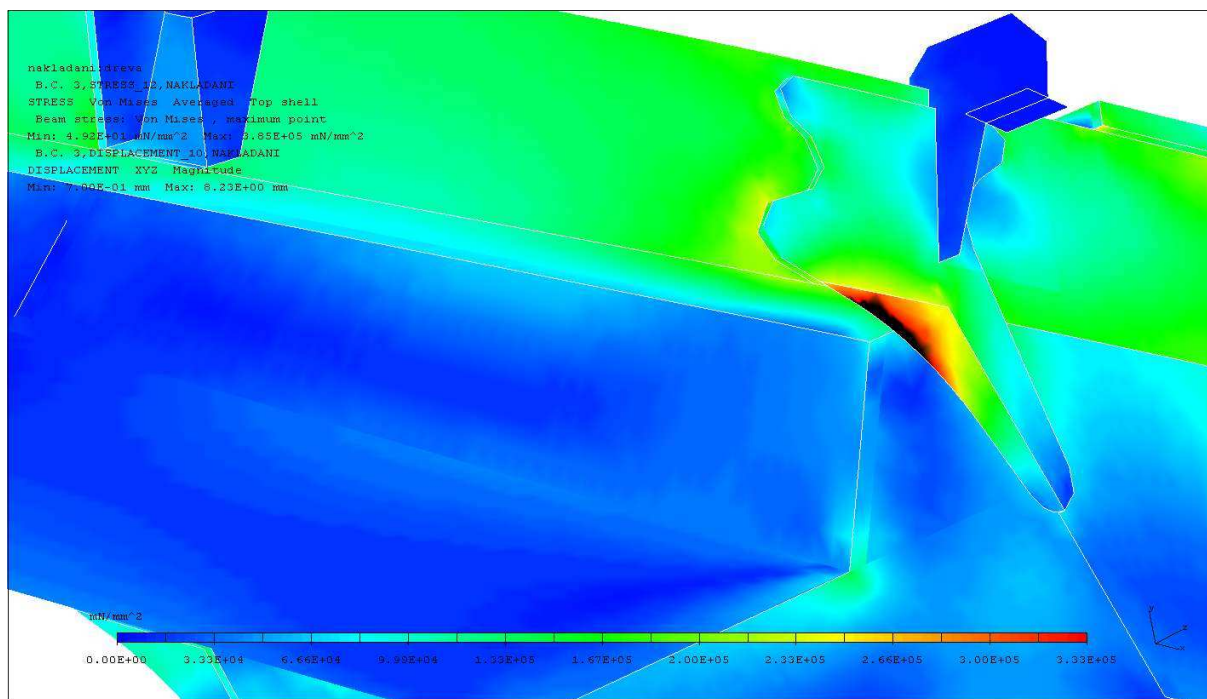
Při tomto zátěžném stavu došlo ke snížení napětí na rámu z původní maximální hodnoty 416 MPa na 318 MPa. Avšak tento zátěžný stav nemá zásadní vliv na napětí v hlavních podélných a příčných nosnících.

## 7.2 Nakládání dřeva

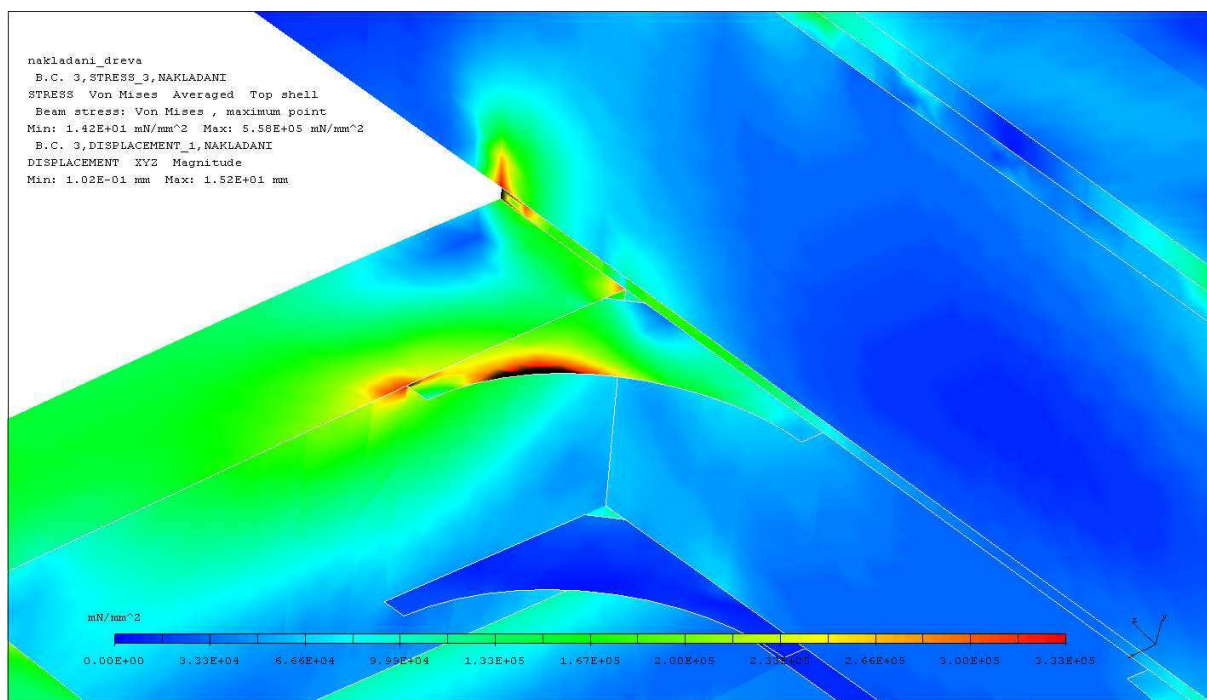


*Obr.50: nakládání dřeva – celkový pohled, deformace 10:1, max. napětí 558 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 18,0 mm*

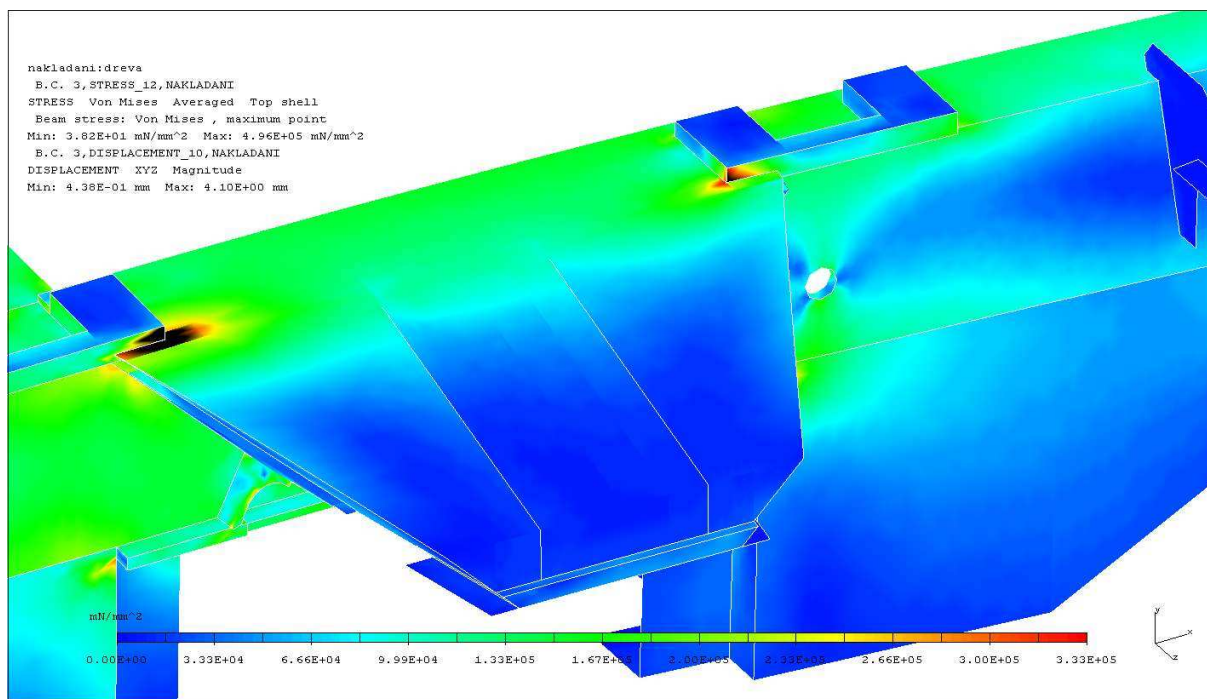




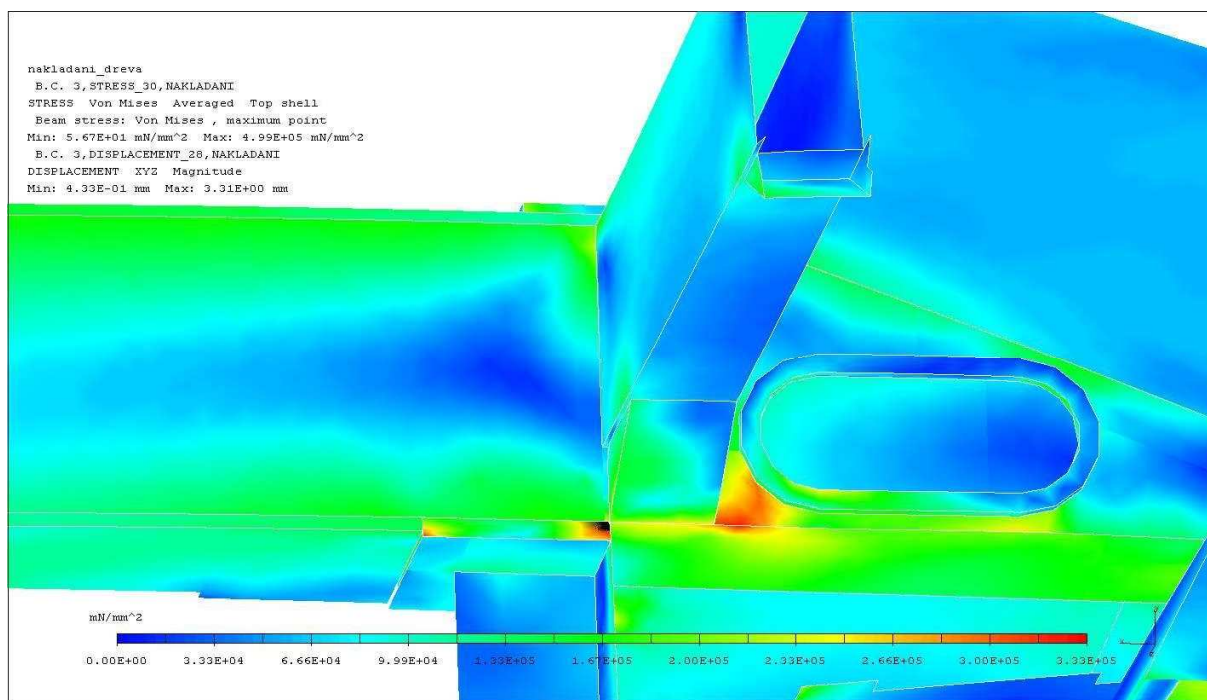
*Obr.51: nakládání dřeva – kritické místo 1, deformace 10:1, max. napětí 385 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 8,23 mm*



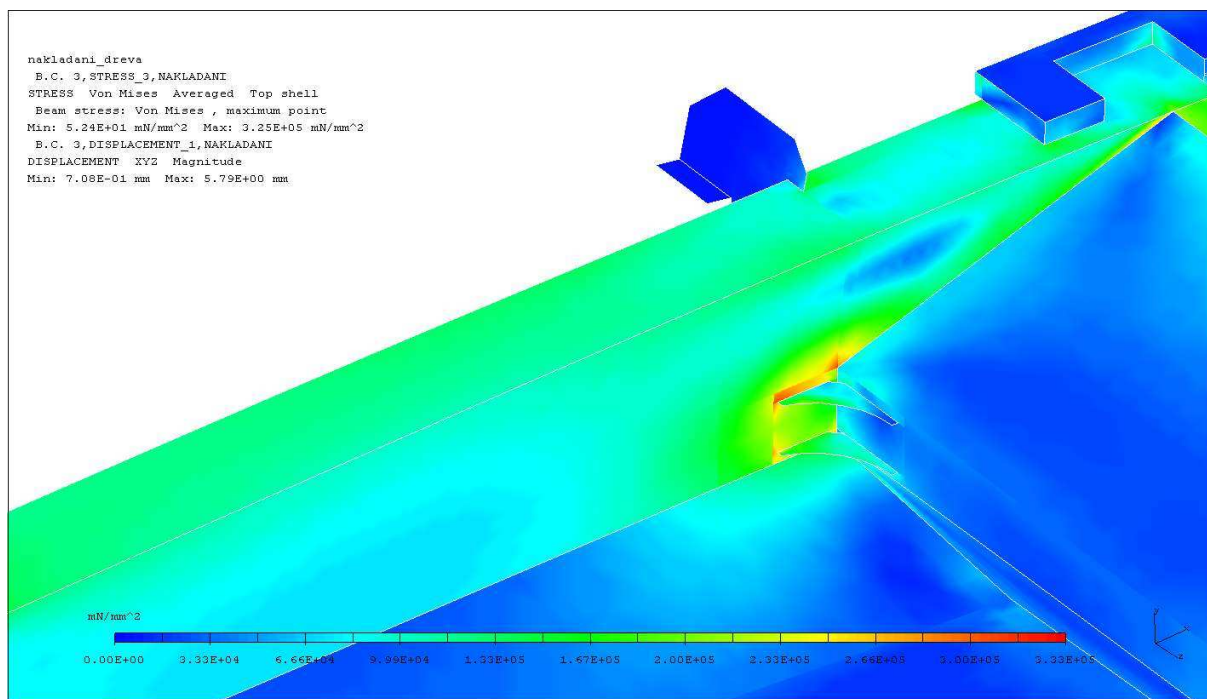
*Obr.52: nakládání dřeva – kritické místo 2, deformace 10:1, max. napětí 558 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 15,2 mm*



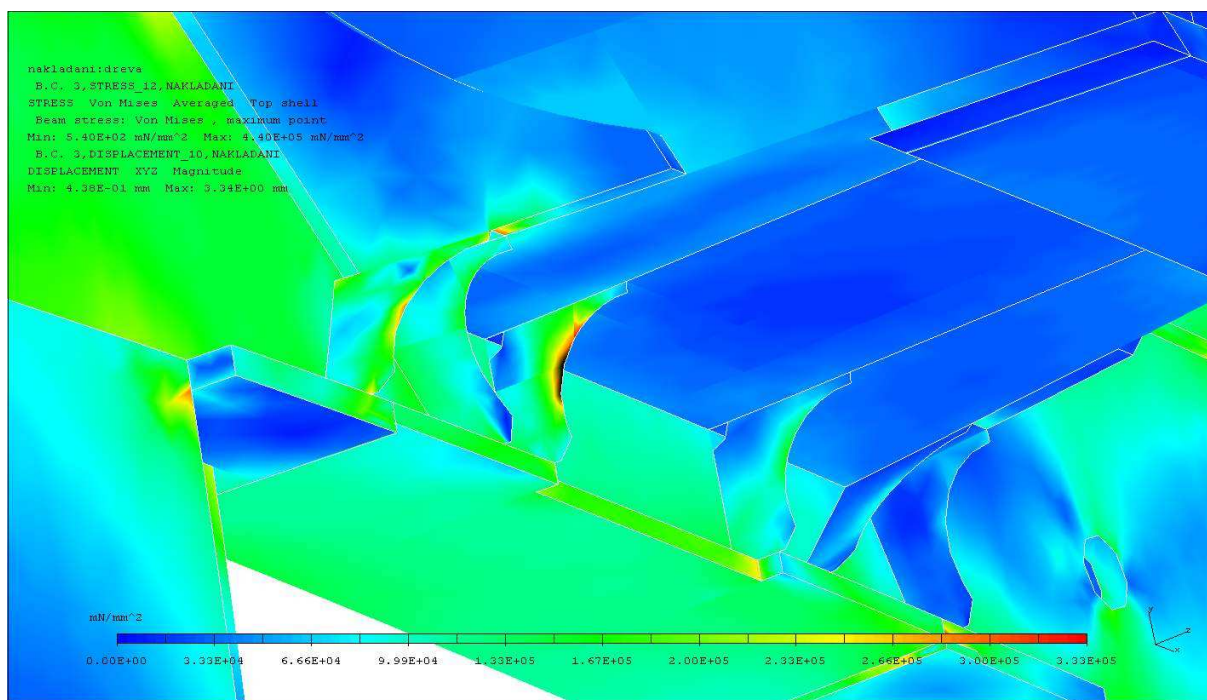
*Obr.53: nakládání dřeva – kritické místo 3, deformace 10:1, max. napětí 496 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 4,1 mm*



*Obr.54: nakládání dřeva – kritické místo 4, deformace 10:1, max. napětí 499 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 3,31 mm*



*Obr.55: nakládání dřeva – kritické místo 5, deformace 10:1, max. napětí 325 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 5,79 mm*



*Obr.56: nakládání dřeva – kritické místo 6, deformace 10:1, max. napětí 440 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 3,34 mm*



V tomto zátěžném stavu se projevilo několik kritických míst na zadním rámu lesní vyvážedky. Po úpravě prvního kritického místa došlo ke snížení napětí z původní hodnoty 849 MPa na 385 MPa. Hodnota přesahující minimální mez kluzu materiálu se nachází v bočním plechu, v hlavním podélném nosníku je hodnota výrazně nižší jak minimální mez kluzu materiálu.

V druhém kritickém místě se výrazně změnilo rozložení napětí a jeho hodnoty. Došlo ke snížení napětí z hodnoty 749 MPa na 558 MPa. Původní rohová výztuha měla příliš velkou tuhost, a proto hodnoty napětí přesahující minimální mez kluzu materiálu byli i na hlavních podélných jáklech. Po úpravě se napětí přesahující minimální mez kluzu materiálu přesunulo na žebra nahrazující tuto rohovou výztuhu.

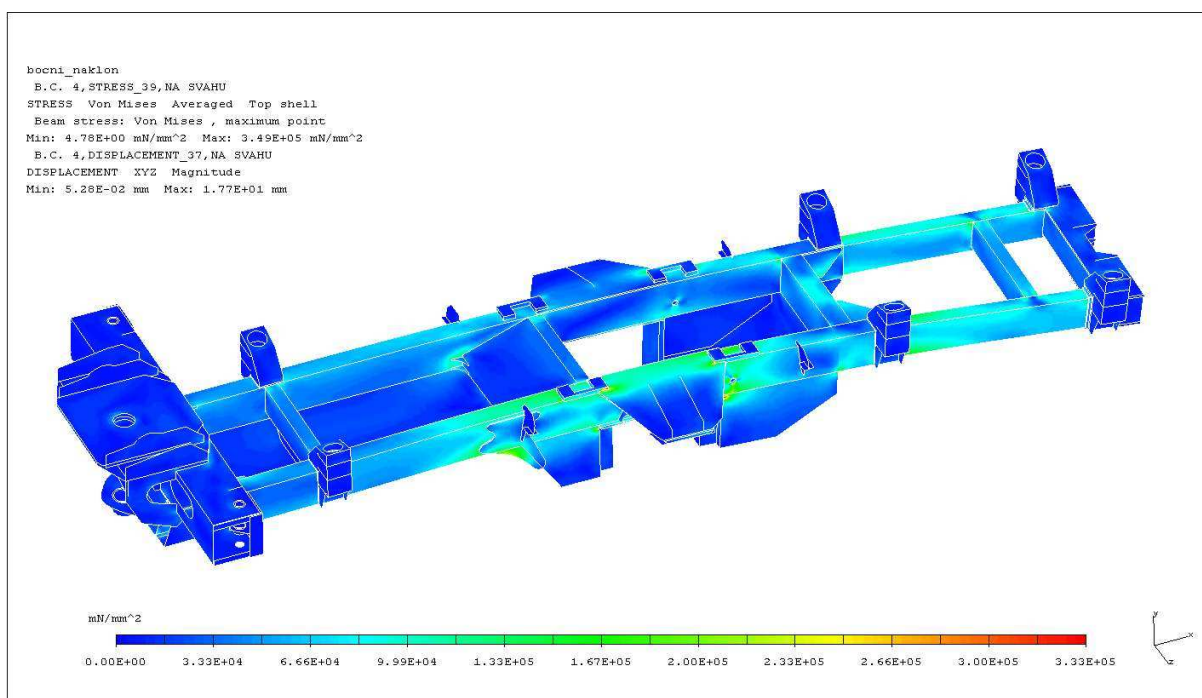
Třetí kritické místo nebylo nijak upraveno. Napětí v této oblasti je pouze v místech sváru mezi podkovami uchycení a horním plechem držáku. V hlavním podélném nosníku v této oblasti je napětí nižší jak minimální mez kluzu materiálu, a proto toto místo nemá zásadní vliv na pevnost celého rámu lesní vyvážedky. Ke snížení napětí v tomto místě by mohlo dojít změnou koncepce rámu.

V čtvrtém kritickém místě došlo ke snížení napětí pomocí přidání rohové výztuhy. Zde je také přidán lem pro zvýšení pevnosti hlavních podélných nosníků v místech otvorů. Napětí se snížilo z původních 547 MPa na hodnotu 499 MPa, v hlavních nosnících je poté hodnota napětí nižší jak minimální mez kluzu materiálu.

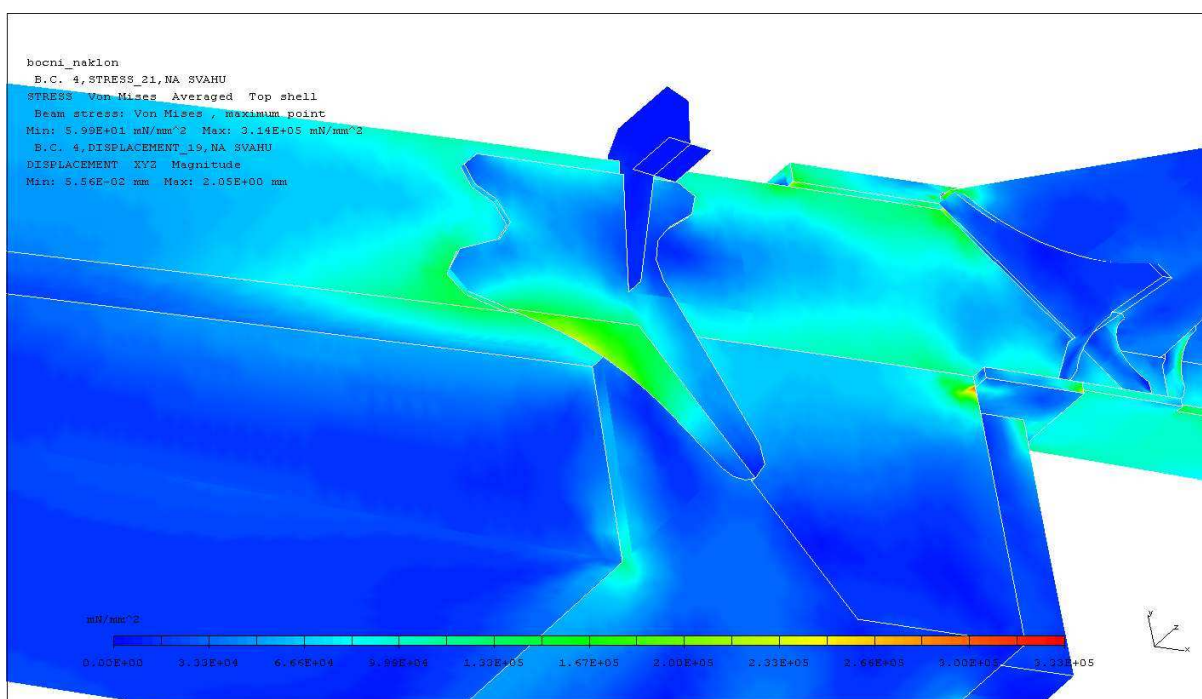
Žebra přidána u pátého kritického místa plní svou funkci a vysoké hodnoty napětí nacházející se dříve na hlavních podélných jáklech se přesunuli na tyto žebra.

V šestém kritickém místě se napětí rozložilo z původních dvou žeber na šest žeber. Tato úprava snížila napětí z hodnoty 493 MPa na 440 MPa. Úprava však byla provedena zejména z důvodu změny hodnot napětí v zátěžném stavu zatížení kol křížem. Při zátěžném stavu nakládání dřeva se napětí u původního rámu nepřeneslo z žeber na hlavní podélné nosníky.

## 7.3 Boční náklon

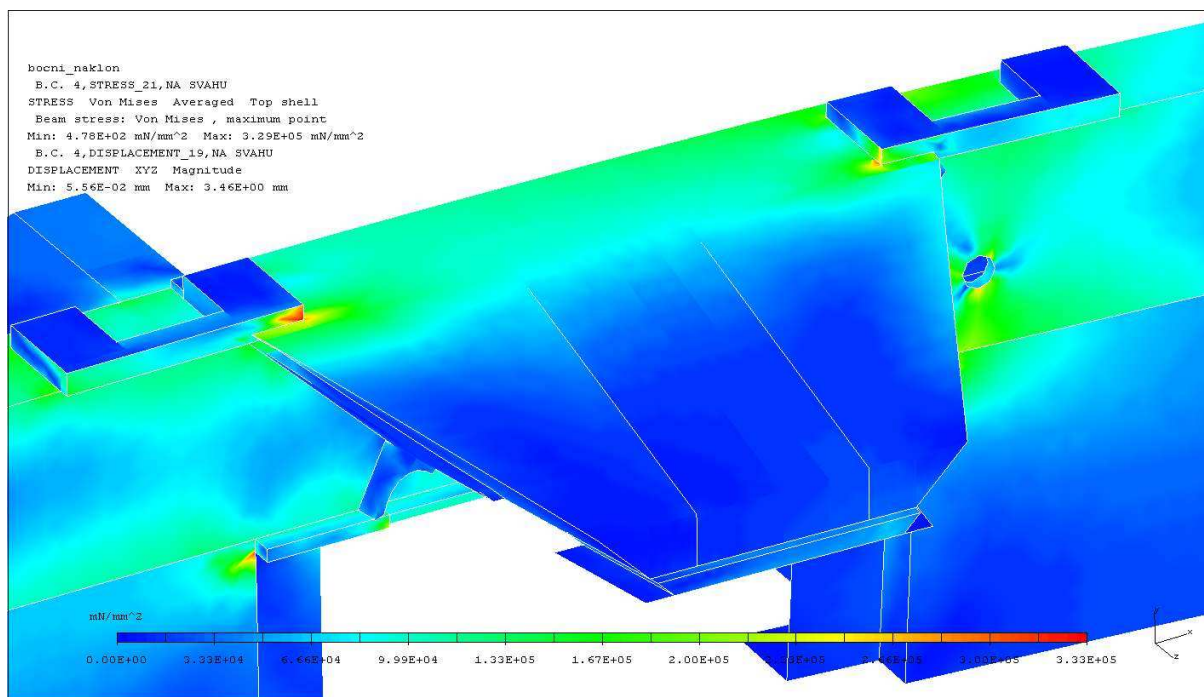


Obr.57: boční náklon – celkový pohled, deformace 10:1, max. napětí 349 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 17,7 mm



Obr.58: boční náklon – kritické místo 1, deformace 10:1, max. napětí 314 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 2,05 mm

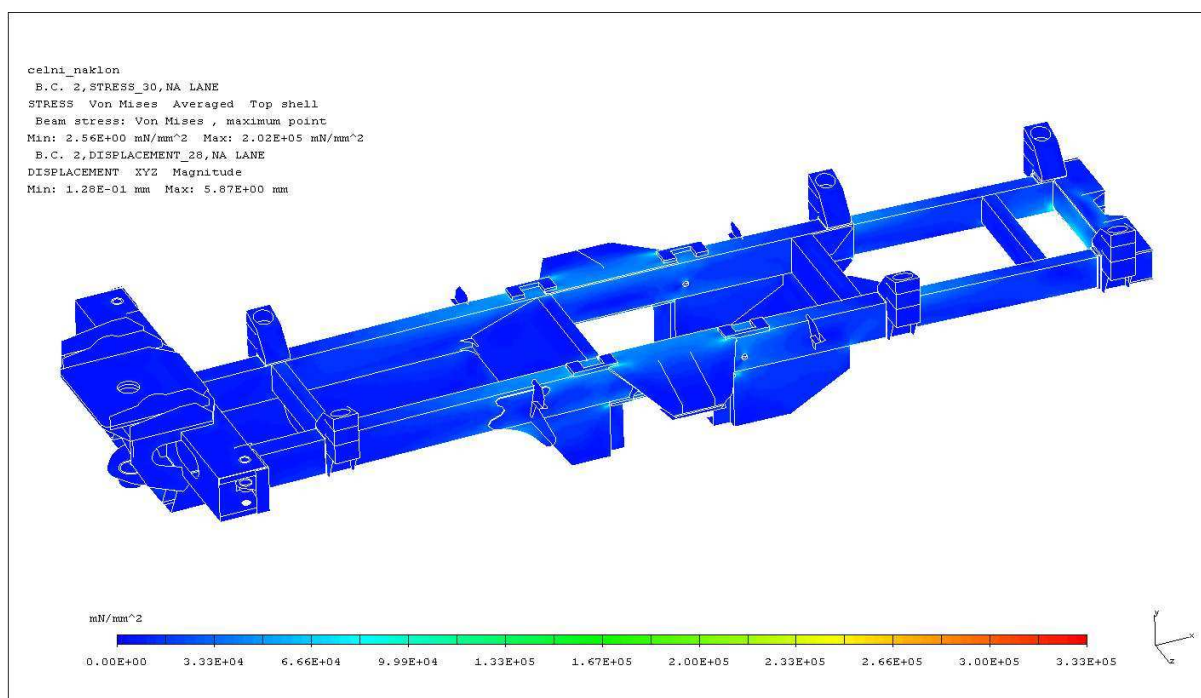




*Obr.59: boční náklon – kritické místo 2, deformace 10:1, max. napětí 329 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 3,46 mm*

Použité úpravy za zadním rámu lesní vyvážedky se při tomto zátěžném stavu projeví snížením napětí z původní hodnoty 443 MPa na 349 MPa. Hlavní podélné a příčné nosníky nejsou při tomto stavu výrazněji zatíženy a napětí je nižší jak minimální mez kluzu materiálu.

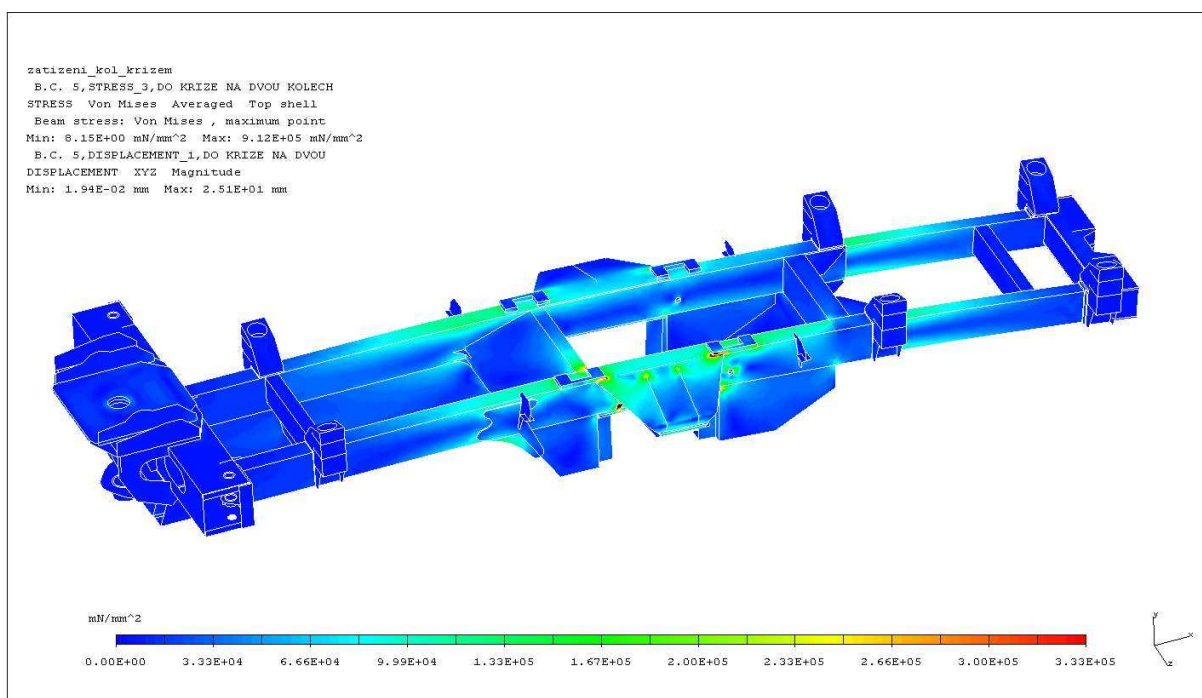
## 7.4 Čelní náklon



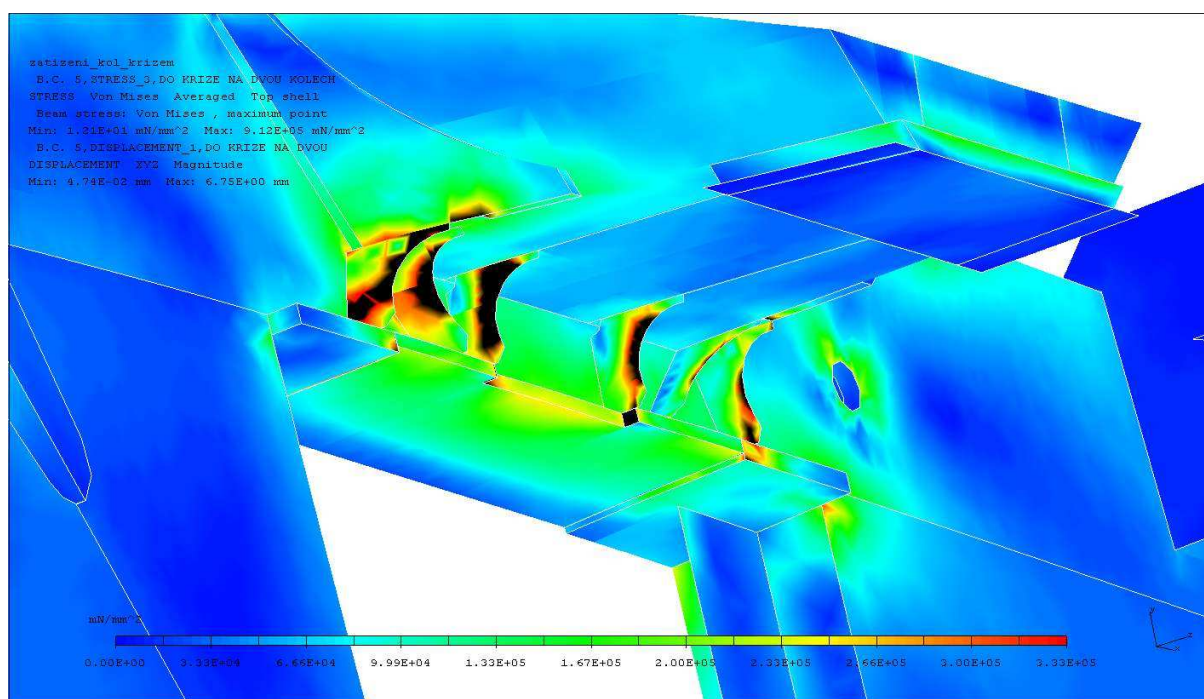
*Obr.60: čelní náklon – celkový pohled, deformace 10:1, max. napětí 202 MPa,  
stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 5,87 mm*

Při tomto zátěžném stavu se úpravy neprojevily na hodnoty maximálních napětí v rámu. Na nejvíce namáhaném místě, okolí tažného oka na zadním dílu, zůstávají stejné hodnoty. Tyto hodnoty vyhovují v porovnání s minimální mezí kluzu materiálu.

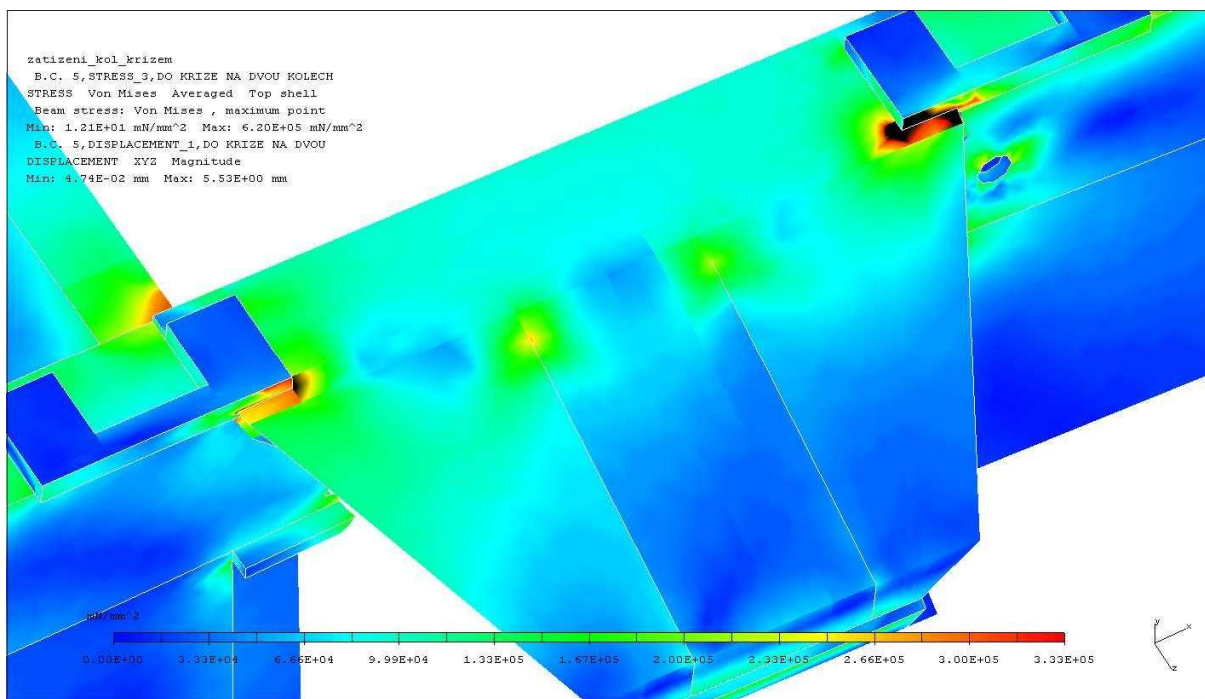
## 7.5 Zatížení kol křížem



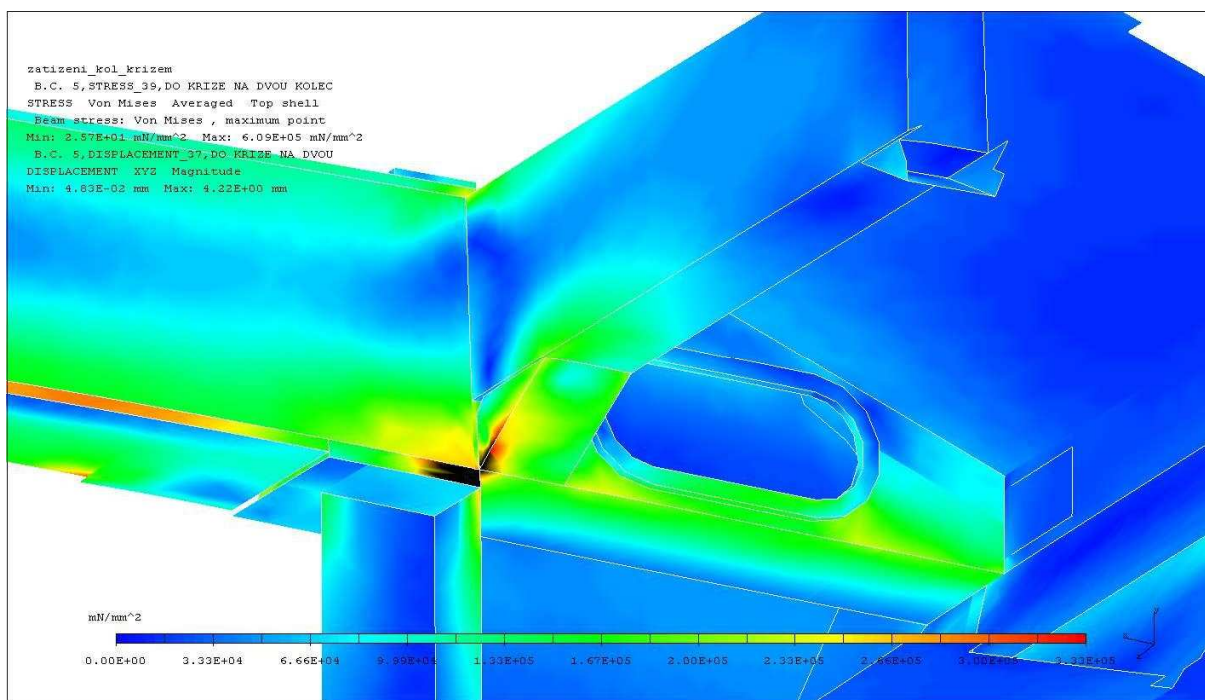
Obr.61: zatížení kol křížem – celkový pohled, deformace 10:1, max. napětí 912 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 25,1 mm



Obr.62: zatížení kol křížem – kritické místo 1, deformace 10:1, max. napětí 912 MPa, stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 6,75 mm



Obr.63: zatížení kol křížem – kritické místo 2, deformace 10:1, max. napětí 620 MPa,  
 stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 5,53 mm



Obr.64: zatížení kol křížem – kritické místo 3, deformace 10:1, max. napětí 609 MPa,  
 stupnice 0 – 333 MPa, max. deformace 4,22 mm



V tomto zátěžném stavu se po úpravách výrazně zlepšili hodnoty v kritických místech rámu a to zejména na hlavním podélném nosníku. U prvního kritického místa se změny v podobě přidání žeber projevily ve snížení napětí z původních 1230 MPa o hodnotu 318 MPa. Napětí, které je vyšší než minimální mez kluzu materiálu, se nachází pouze v žebrech. Na hlavním podélném nosníku je napětí menší než minimální mez kluzu materiálu.

Druhé kritické místo nebylo nijak upraveno. Přesto došlo k částečnému snížení napětí z důvodu přidání žeber na spodní části, bočních zesílení držáku a změny rozmístění žeber. Napětí v této oblasti je pouze v místech sváru mezi podkovami uchycení a horním plechem držáku. V hlavním podélném nosníku v této oblasti je napětí nižší jak minimální mez kluzu materiálu, a proto toto místo nemá zásadní vliv na pevnost celého rámu lesní vyvážedky. Ke snížení napětí v tomto místě by mohlo dojít změnou koncepce rámu.

V třetím kritickém místě došlo ke snížení napětí z hodnoty 714 MPa na hodnotu 609 MPa pomocí přidání rohové výztuhy. Je zde také pro zvýšení pevnosti hlavních podélných nosníků v místech otvorů přidán lem. Napětí překračující minimální mez kluzu materiálu je pouze v přidané rohové výztuze a v místě sváru mezi držákem polonápravy a hlavním nosníkem. V samotném hlavním nosníku poté došlo k výraznému snížení napětí pod mez kluzu materiálu.

Napětíové špičky které se vyskytovali nad žebrem držáku zmizeli zcela z důvodu nahrazení tohoto žebra dvěma žebry.

## 8 Závěr

V této diplomové práci byla provedena pomocí metody konečných prvků pevnostní analýza zadního rámu lesní vyvážedky LVS 520 od firmy Strojírny Novotný s.r.o.. Ve všech zatěžovacích stavech byla lesní vyvážedka plně naložena, tzn. že hmotnost nákladu byla rovna maximální nosnosti 5000kg.

Pevnostní analýza byla provedena v programu I-Deas, v kterém byl vytvořen skořepinový model na základě poskytnuté výkresové dokumentace a modelu výrobce. Skořepinový model byl pokryt konečno-prvkovou sítí, pomocí které tento program vypočítal napětí v rámu lesní vyvážedky. Pevnostní analýza byla provedena pro zatěžovací stavy: zatáčení na rovině, nakládání dřeva, boční náklon, čelní náklon a zatížení kol křížem. Výsledné namáhání rámu stroje je poté různou kombinací těchto zatěžovacích stavů.

Výsledkem tedy je vyhodnocení nejkritičtějších míst rámu, které si vyžadují úpravu. Nejkritičtějším místem rámu je místo upevnění plechů držáku na hlavní podélný nosník. V tomto místě dochází k přenášení napětí překračujícího mez kluzu materiálu i na hlavní podélný nosník a následnou deformaci jeho stěny. Jako úprava bylo zvoleno přidání tvarově optimalizovaných žeber, která absorbují většinu z tohoto napětí.

Po úpravě tohoto a dalších míst byla provedena nová pevnostní analýza upravené konstrukce rámu ve všech zátěžných stavech. Ze získaných výsledků je patrné, že se napětí výrazně snížilo a přesunulo zejména do těchto žeber. Napětí v těchto žebrech už nemá zásadní vliv na pevnost celého rámu.

## 9 Použité zdroje

- [1] Neruda, J., a kol.: Harvesterové technologie lesní těžby, vyd. 1. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, 2008, ISBN: 978-80-7375-146-3
- [2] Vyv. Souprava LVS\_520 | Strojírna Novotný s.r.o. - zemědělské - stavební - lesní - stroje [online], 2013 [cit. 2013-01-24],  
dostupné z: <[http://www.loader.cz/10242/vyv-souprava-lvs\\_520/](http://www.loader.cz/10242/vyv-souprava-lvs_520/)>
- [3] Cranab [online], 2013 [cit. 2013-03-04],  
dostupné z: <<http://www.cranab.se/static/en/23/?id=28#forwarder-cranes/>>
- [4] Ing. Leinveber J. a Ing. Vávra P.: Strojnické tabulky,  
vyd. Pedagogické nakladatelství Albra , 2008, ISBN: 978-80-7361-051-7
- [5] Burýšek, K. Rám návěsu NCH39 pro přepravu dříví, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 90s.

## 10 Seznam použitých symbolů

označení	jednotka	popis
$g$	$[m/s^2]$	gravitační zrychlení
$F_1$	$[N]$	síla při vysouvání pístu přímočarého hydromotoru řízení
$S_P$	$[mm^2]$	plocha pístu přímočarého hydromotoru řízení
$d_P$	$[mm]$	průměr pístu přímočarého hydromotoru řízení
$F_2$	$[N]$	síla při zasouvání pístu přímočarého hydromotoru řízení
$S_{PT}$	$[mm^2]$	plocha pístní tyče přímočarého hydromotoru řízení
$d_{PT}$	$[mm]$	průměr pístní tyče přímočarého hydromotoru řízení
$F_{VD}$	$[N]$	síla nahrazující zatížení rámu od hyd. výložníku a drapáku
$m_V$	$[kg]$	hmotnost hydraulického výložníku
$m_D$	$[kg]$	hmotnost drapáku
$p$	$[MPa]$	pracovní tlak přímočarého hydromotoru řízení
$M_V$	$[Nm]$	moment od hydraulického výložníku
$l_V$	$[m]$	vzdálenost těžiště hydraulického výložníku od středu montážní patky hydraulického výložníku
$M_{DR}$	$[Nm]$	moment od drapáku
$l_D$	$[m]$	vzdálenost těžiště drapáku od středu montážní patky hydraulického výložníku
$M_{DV}$	$[Nm]$	moment od nakládaného dřeva
$m_{DV}$	$[kg]$	hmotnost nakládaného dřeva
$n_{max}$	$[kg]$	nosnost hydraulického výložníku při max. vysunutí
$l_{DV}$	$[m]$	vzdálenost těžiště nakládaného dřeva od středu montážní patky hydraulického výložníku
$M_C$	$[Nm]$	celkový moment
$I_{XX}$	$[kg \cdot m^2]$	hmotnostní moment setrvačnosti v ose x
$I_{YY}$	$[kg \cdot m^2]$	hmotnostní moment setrvačnosti v ose y
$I_{ZZ}$	$[kg \cdot m^2]$	hmotnostní moment setrvačnosti v ose z
$X$	$[mm]$	poloha těžiště nákladu ve směru osy x
$Y$	$[mm]$	poloha těžiště nákladu ve směru osy y
$Z$	$[mm]$	poloha těžiště nákladu ve směru osy z
$R_{eH}$	$[MPa]$	minimální mez kluzu materiálu



## 11 Seznam samostatných příloh

### Seznam výkresové dokumentace:

zadní rám	L520-03-0-0700-P
zadní rám přední díl	L520-03-0-0701-P
žebro malé přední	L520-03-4-0702-P
spodní žebro držáku	L520-03-4-0703-P
přední žebro	L520-03-4-0704-P
rohová výztuha malá	L520-03-4-0705-P
lem otvoru	L520-03-4-0706-P
bočnice držáku	L520-03-4-0707-P
zesílení držáku L	L520-03-4-0708-P
zesílení držáku P	L520-03-4-0709-P
boční plech	L520-03-3-0710-P